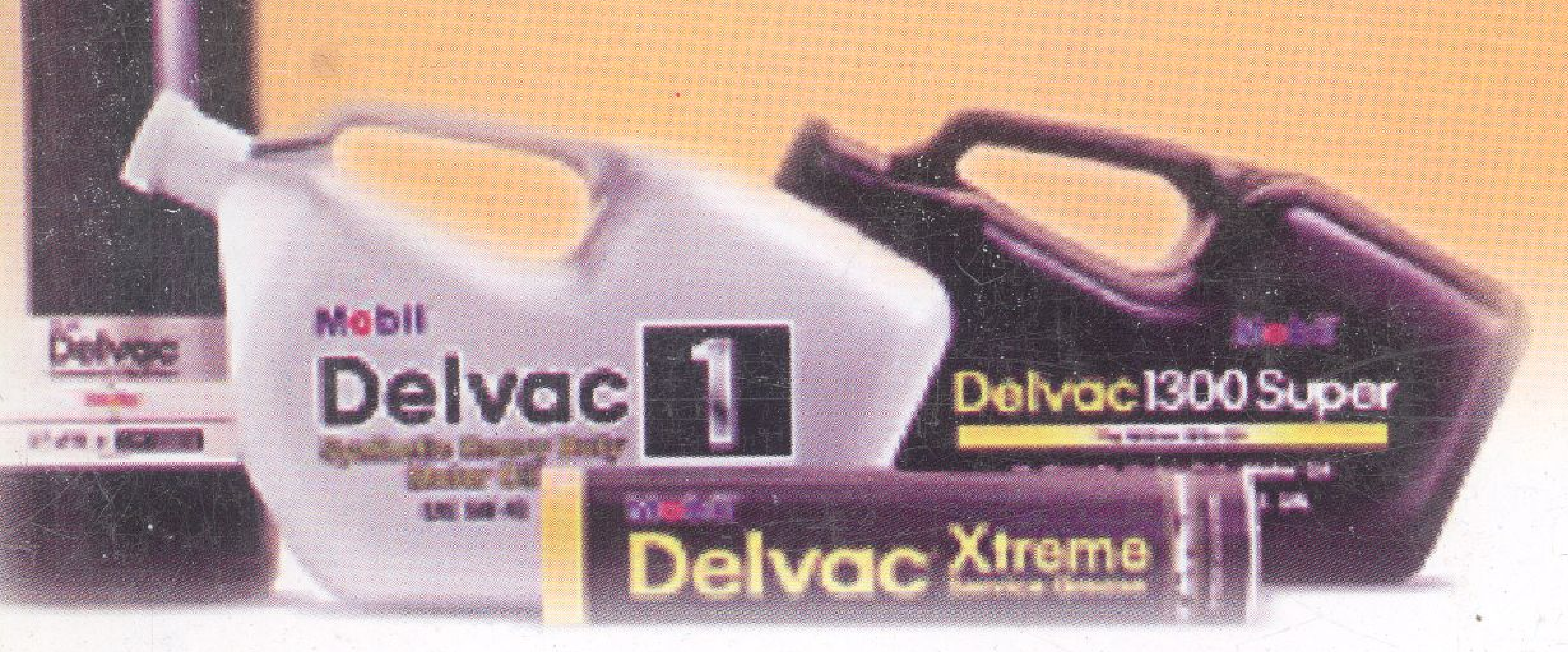




مواد التزييت والتشحيم

Lubricants



تأليف

S.S. DARA

ترجمة مهندس استشارى

محمد أحمد السيد خليل

SBH

المزلقـــــات

مواد التزييت والتشحيم

Lubricants

تأليف
S. S. DARA

ترجمة
مهندس استشارى
محمد احمد السيد خليل

رقـــم الإيــداع: ٢٢٣٨٢ / ٢٠٠٦

أحمد ، محمد
المزلقات، محمد أحمد السيد خليل
ط١- القاهرة : دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، ٢٠٠٦
١١٢ ص،١٧ × ٢٤ سم.
تدمك ٩٧٧-٢٨٧-٦٧٨-٧
١- المزلقات
أ. العنوان

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع
٥٠ شارع الشيخ ريحان - الدور الأول - شقة ١٢
عابدين - القاهرة ☎: ٧٩٥٤٢٢٩
E-mail: sbh@link.net

بسم الله الرحمن الرحيم

المزلقــات

تقديم :

المزلقات (Lubricants) لتوضيح مفهومها فإنه يعنى بها مواد التزييت والتشحيم وإن كان معنى المزلقات أشمل حيث تشمل مواد التزليق الغازية والسائلة وشبه الصلبة والصلبة والمستحلية. والمستحلبات تستخدم بين الأسطح المعدنية المتحركــة لخفــض البلى الناتج عن الاحتكاك وكذلك ارتفاع درجة الحرارة بفعــل هــذا الاحتكــاك هــذا بالإضافة إلى حماية سطح المعدن من التآكل والصدأ وتــسهيل عمليــات الاســتخدام الميكانيكى للمعدات والمحركات.

وفى هذا الإصدار يتم تناول أنواع المزلقات الغازية والسائلة من الزيوت المعدنية أو النباتية أو الحيوانية وأنواع الشحوم وكذلك حالات استخدام المعادن المنصهرة كمواد التزليق والمواد الصلبة هذا بالإضافة إلى اختبارات ومراقبة جــودة مختلــف أنــواع المزلقات والتعرف على كيفية اختيار مادة التزليق المناسبة لاستخدام معين.

وتعتبر ترجمة هذا الكتاب إضافة إلى المكتبة العربيــة ونرجــو تحقيــق الإفــادة المرجوة.

والله الموفق

مهندس استشارى

محمد أحمد السيد خليل

تمهيد

الجذب السطحى

المزلقـــات Lubricants

الفصل الأول (تمهيد)

نبذة تاريخية :

لقد أثبتت الدراسات والأبحاث الأثرية أن الاستفادة من المزلقات كانـــت معروفـــة لدى قائدى المركبات الحربية القديمة ذات العجلتين والتى تجرها الخيول والتى كانـــت تستخدم فى المواكب والسباقات وكانت تسمى (Chariot)، وذلك منذ عام ١٤٠٠ قبـــل الميلاد. ولقد اكتشف ليونارد دافنشى (١٤٥٢ – ١٥١٩) المبادئ الأساسية للاحتكـــاك والتزليق ووصف تأثير التزليق على كفاءة الاحتكاك بين سطحين متحـــركين. أهميـــة التزليق زادت معرفتها مع الثورة الصناعية، حيث صاحب ذلك الأبحاث نحو طبيعـــة التزليق بواسطة السوائل وذلك فى عام ١٨٨٦ بواسطة (Osborn Reynold) والـــذى تلاه كثيراً من الباحثين. وقد بدأ الاستهلاك الكبير للمزلقات منذ عام ١٩٤٧ فى كثيـــر من المجالات مثل السيارات والطائرات والمعدات الصناعية.

مقـــدمة :

الاحتكاك والبرى يكون نتيجة الحركة ما بين سطحين متلامسين. الاحتكاك هو قوة المقاومة للحركة النسبية (Relative Motion) لسطحين متلامسين. البـــرى أو البلـــى (Wear) يكون نتيجة التغلب على هذه المقاومة ومقاومتها بالقوة التى يتم اســـتخدامها. التزليق يمكن تعريفه بأنه خفض الاحتكاك بين سطحين متحركين ومتلامـــسين وذلـــك بإدخال مادة أخرى بينهما. لدراسة ما يحدث عند تلامس الأسطح الصلبة يجب أن تبدأ بدراسة وطبيعة الأسطح نفسها.

الجذب السطحى وطاقة السطح (التوتر السطحى) :

Surface Tension and Surface Energy:

السطح يعتبر عموماً أنه تلاقى بين مجالين. لقد أقترح أن ســـطح الـــسائل يكـــون سلوكه كما لو كان غشاء مشدود، والذى يميل دائماً إلى الانكماش. وهذا نتيجـــة عنـــد

فكرة الجذب السطحي للسائل أو الطاقة السطحية للطبقة (أى التوتر السطحى). تأكيد هذه الفكرة كان عند طفو الدبوس المغطى بطبقة شمعية فوق الماء. إذا تجمد الماء فإنه يبدو فى الحالة الصلبة. قوى السطح تظل ولكنها لم تعد تشبه السطح المثيل للغشاء. مفهوم الجذب السطحى لا يمكن تطبيقه على الجسم الصلب ولكن الجسم الصلب يمكن أن يكون له طاقة سطح أو توتر سطحى (Surface energy) والذى يوجد فى شكل طاقة الانفعال (الكامنة) (Strain Energy) عند تغطية السطح إذا كانت الطبقة السطحية يمكن تثبيتها بالغشاء المشدود، فإنه توجد ما يشبه الزنبرك المشدود حيث تكون فيه الطاقة مخزنة أو محتجزة نظراً لأن هذا الزنبرك المشدود يحتاج إلى جهد لعملة. هذه الطاقة المخزونة تنطلق عند تحرر الزنبرك من هذا الجهد. وهذا يوفر المفهوم البديل للطاقة السطحية الناتجة عن قوى الجزئيات (Molecular Energy) المنتجة على الطبقة السطحية. مفهوم الطاقة السطحية يمكن تطبيقه لكل من المواد الصلبة والسائلة. تتغير الطاقة السطحية طبقاً لمكونات المادة المكونة للسطح. الطاقة السطحية للمعادن تزداد عند هبوط درجة الحرارة، بينما فى الهواء تصبح المعادن مغطاة بالأكسيد الذى يقلل من الطاقة السطحية. تأثير المزلج المستخدم على السطح يقلل إلى حد كبير الطاقة السطحية.

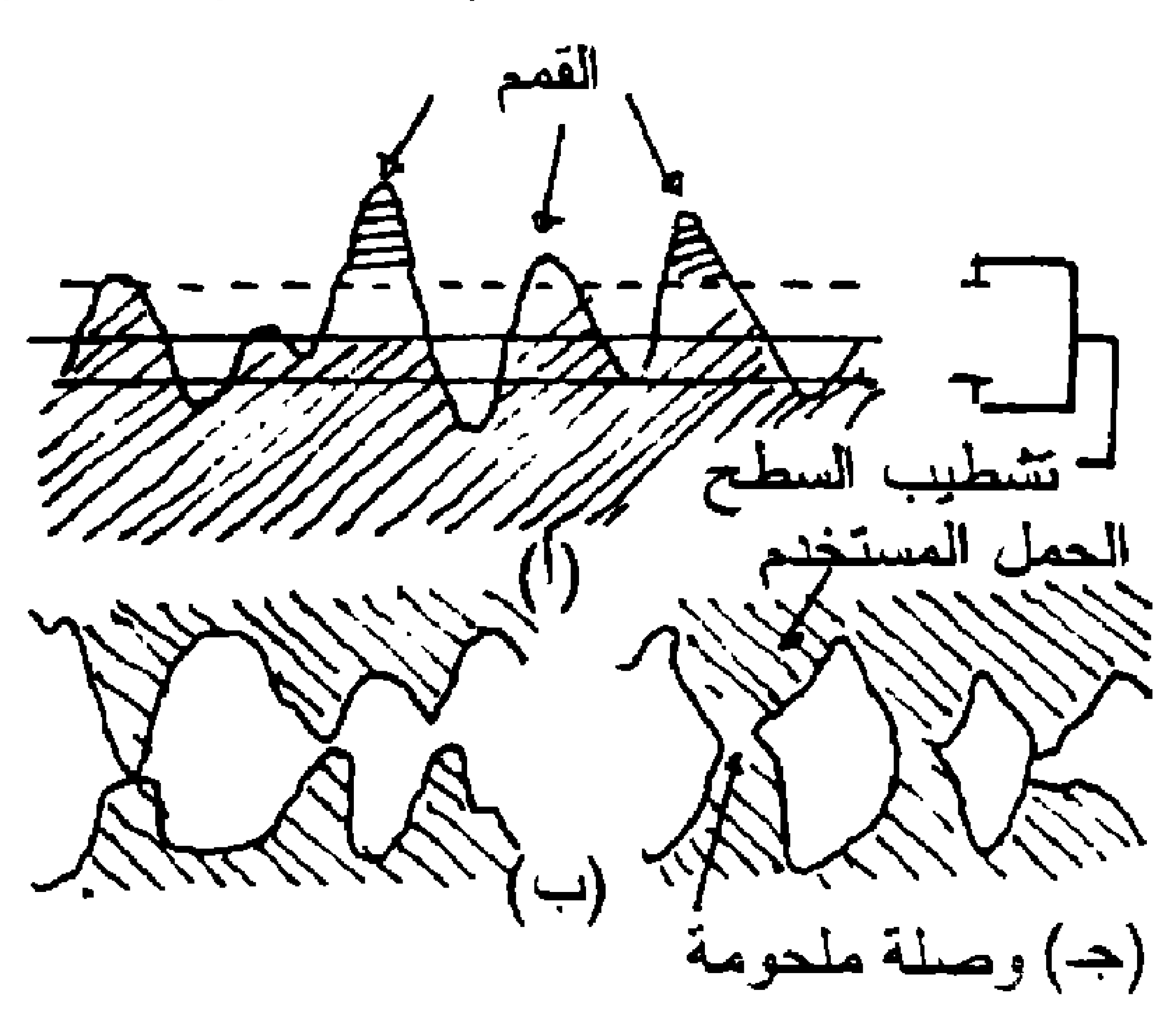
الأدمصاص : Adsorbtion

بسبب وجود قوىالجذب بين سطحى التلامس لمجالين، وتكون طبقه من مكونات مختلفة من هذين المجالين، فإن الطبقة الجديدة التى تكونت يقال أنه تم إدمصاصها وأن عملية الجذب (Attraction) هى بسبب هذا الإدمصاص. الطبقة التى تم إدمصاصها (إمتزازها – Adsorbed) تكون لها خواص خاصة بها فقط. فى حالة أسطح التلامس (Interfaces) ما بين السائل/ الغاز أو بين السائل/السائل، فإن درجة الادمصاص يمكن تقديرها بتغير الجذب السطحى الناتج ولكن هذا غير ممكن فى حالة الادمصاص عند السطح الصلب رغم أن الادمصاص لا يقلل من طاقة السطح (التوتر السطحى). المادة التى تم ادمصاصها توصف أنها الممتزه (Adsorbate)، المجال الذى قام بالادمصاص يكون الممتز (Adsorbent). الادمصاص يمكن أن يكون من نوعين، وهما الادمصاص الطبيعى والادمصاص الكيميائى الذى يحتوى على قوى أكبر.

الطبقات التى تم إدمصاصها من المزلج (Lubricant) تقوم بدور هام فى حالة التزليق بين أسطح التلامس (Boundary Lubricants).

الخشونة السطحية: (Surface Roughness)

حتى فى حالة أعلا مستوى من التلميع لسطح المعدن، فإنه عند اختباره تحت المجهر. حيث التكبير العالى (كما فى حالة الميكروسكوب الإلكترونى)، فإنه يرى أنه سطح خشن إلى حد ما، وبه قمم عالية ووديان ذات مستويات مختلفة من الارتفاع والعمق كما هو موضح فى الشكل (١). وهذا ما يسمى بالخشونة السطحية (Surface Roughness). القمم العالية تسمى الخشونة أو الحدة (Aspirities) . عند وضع سطحين مستويين أحدهما فوق الآخر، فإن خشونة أو حدة السطح العلوى ترتكز على تلك للسطح السفلى. لذلك، فإنه يحدث التصاق للسطحين عند هذه النقط فقط بينما يكون منفصلين فوق معظم المساحة. لذلك، فإن المساحة الحقيقية للالتصاق تكون صغيرة جداً مقارنة بالمساحة الظاهرة للتلامس (الالتصاق) شكل (١-ب).



شكل (١) خشونة السطح وقوة الالتصاق

الإنجذب السطحى : Surface Attraction

القوى السطحية تكون مؤثرة فقط على مسافات صغيرة جداً، عند إقتراب سطحين كل من الآخر، فإنهما يكونا معلقين بالتصاق قممهما الخشنة. كلما صغرت هذه القمم كلما كان الالتصاق أقرب، أى كلما زادت نعومة التشطيب لأسطح التلامس، كلما زادت درجة الالتصاق. الأسطح المعدنية النظيفة عالية التلميع لها طاقة سطحية عالية

نسبياً، وهذا هو السبب فى الالتصاق الشديد لهذه الأسطح عند ضغطهما معــاً. وهــذا يوضح سبب الاحتكاك والبلى العالى عندما تكون مثل هذه الأسطح فى حركة نــسبية. فى حالة عدم وجود طبقات إدمصاص، فإنه يمكن لحام ســطحين بالتــشطيب النــاعم بالضغط فقط لأن قوى الخشونة (Cohesive forces) تقوم بالدور الكامل. وهذا هــو أساس اللحام على البارد (Cold welding) شكل (١-جــ).

آلية الجذب السطحى : Mechanism of Surface Attraction

التفاعل بين ذرتين أو جزيئين القريبين من بعضهما يمكــن أن يخلــق ثنــائى القطبية لحظياً حتى فى حالة عدم وجود قطبية ثنائية (Dipoles) مستمرة. هذا يمكن أن يحدث فى وقت واحد وبالتالى يوجد عزوم إضافية (Moments). الحالة الناتجة يمكن أن تكون شديدة التعقيد متضمنة ذبذبات متأرجحة للذرات وللجزئيــات، ولكــن طبقــاً لنظرية ميكانيكا الموجه (Wave) فإن طاقة مثل هذه القوى يمكــن حــسابها. التــأثير يعرف بقوة الانتشار أو التشتت (Dispersion Effect). كذلك، قوى الجذب أو الرباط بين الجزئيات (Melecules) فى المادة الصلبة يمكن أن يكون شديد التعقيد فى طبيعته ويتوقف على بناء المادة الصلبة نفسها. عموماً، القوى الرئيسية تسمى قوى فاندر فــال (Vander waals forces) وهذه تتكون من قوى الثنائية القطبية المــستمرة، والثنائيــة القطبية المدخلة (Induced) والانتشار.

الفصل الأول

الجذب السطحى
وقوانين الاحتكاك

القوانين التقليدية المتميزة فى الاحتكاك :

كان ليوناردو فينشى (1519 -1452) أول من وضع المفاهيم الأساسية للاحتكاك والتى تم تطويرها بعد ذلك بما قام به أمونتون وكولوب. القوانين التقليدية للاحتكاك الناتجة عن هذه الدراسات القديمة يمكن تلخيصها كالآتى :

١- قوة الاحتكاك تتناسب مع الحمل.

٢- معامل الاحتكاك ليس له علاقة بالمساحة الظاهرية للالتصاق.

٣- المعامل الاستاتيكى أكبر من المعامل الديناميكى.

٤- معامل الاحتكاك ليس له علاقة بسرعة الانزلاق.

٥- معامل الاحتكاك يتوقف على المادة.

القوانين التقليدية استمرت لسنين حتى وقت قريب. ولكن على ضوء التطور الحديث، فقد وجد أن معظم القوانين غير صحيحة وتحتاج إلى إعادة صياغة. وفى نفس الوقت، تلك القوانين ألقت الضوء على آلية الاحتكاك الجاف، والتى كانت الأساس فى البحوث المدققة.

لقد كان القانون الأول صحيحاً عدا فى حالة الضغط العالى عندما تقترب مساحة الالتصاق الحقيقية من مقدار المساحة الظاهرية. وهذه عموما تكون فى الصيغة الآتية:

$$F = f \times W$$

حيث (F) = قوة الاحتكاك

(f) = معامل الاحتكاك

(W) = الحمل العادى

هذه المعادلة تعرف بأنها قانون أوم الذى يعرف كمعامل للاحتكاك. باقى القوانين التقليدية يجب تأهيلها. لذلك، فإن القانون الثانى يبدو أنه مقبول فقط فى تصنيع المواد. القانون الثالث يقبل فقط لأى مادة ذات لدونة ولزوجة (Viscoelastic)، ولكن هناك تناقض فيما إذا كانت تلك المواد لها معامل احتكاك استاتيكى.

القانون الخامس يكمن اعتباره ملاحظة وليس قانون.

النظريات العامة للاحتكاك :

بعض نظريات الاحتكاك العامة التى تشرح الاحتكاك الجاف هى كالآتى :

أ – تشابك ميكانيكى :   (Mechanical Interlocking)

اقترح (Amontons and Dele Hire) فى عام ١٦٩٩ أن الاحتكاك الميكـــانيكى يمكن أن يكون بسبب التشابك الميكانيكى لعناصر الخشونة السطحية. تلك الآلية تـــوفر التوضيح لوجود معامل احتكاك استاتيكى، وكذلك توضح أن الاحتكاك الديناميكى هـــو القوة اللازمة لرفع قمم الارتفاعات للسطح العلوى فوق تلك للسطح السفلى.

ب – الانجذاب الجزيئى: (Molecular Attraction)

لقد أرجع (Tomlinson) فى عام ١٩٢٩ و)(Hardy) فى عام ١٩٣٦ أن قـــوى الاحتكاك تعود إلى تشتت الطاقة عند إقتلاع ذرات مـــادة خـــارج مجـــال الإنجـــذاب لنظائرها (Counterparts) على سطح التعشيق أو التزاوج (Mating). الأبحاث التالية أوعزت أن احتكاك الالتصاق يعود إلى عمليـــة كـــسر الربـــاط الجزيئـــى الحركـــى (Molecularkinetic Pond) حيث تتشتت الطاقة مـــن خـــلال دورة الـــشد، الكـــسر، استرخاء لجزيئات السطح والجزئيات تحت السطح.

جـــ – القوى الكهرواستاتيكية :   (القوى الكهربية الساكنة)

هذه النظرية ظهرت قريباً فى عام ١٩٦١ التى أمكن بواســـطتها شـــرح ظـــاهرة الالتصاق – الانزلاق (Stick - Slip) بين احتكاك سطحين من المعدن بتنـــشيط تـــدفق شبكة من الإلكترونات، والتى تنتج حشد من الشحنات ذات القطبية المعاكسة عند أسطح التلامس – هذه الشحنات يفترض أنهـــا تمـــسك بالأســـطح معـــاً بواســـطة الجـــذب الكهروستاتيكى.

د – نظرية اللحام :

هذه النظرية مبنية على الشغل الذى قام به (Bowden) ومعاونيه فى كـــامبردج. حتى أن الأسطح ذات التنشيط العالى الفائق عند الكشف عنها تحـــت الميكروســـكوب الإلكترونى، تظهر مكونات من الهضاب والوديان حتى أن أصغر القمم تكون كبيـــرة مقارنة بأكبر الجزئيات. عند وضع كل من هذين السطحين النظيفين كل على الآخـــر، يحدث الالتصاق بين عدد قليل نسبياً من القمم المرتفعة لكل بحيث أن مساحة الالتصاق الحقيقية ستكون صغيرة جداً مقارنة بالمساحة السطحية الاسمية. وبالتالى فإن الحمـــل

المسلط سيسبب ضغوط موضعية مرتفعة بما يكفى ليسبب وجود خضوع لدن (Plastic Yielding) للمعدن وبذا يتم توزيع الحمل على مساحة التصاق أكبر. وغالباً ما تحدث حالة من الاتزان وذلك عند توقف التغير اللدن الذى يبقى بعد زوال الإجهاد (Plastic Deformation). عندئذ يحدث اللحام على البارد بين الملتصقين.

عندئذ عند محاولة انزلاق أحد الأسطح على الآخر، فإن هذه الوصلة الملوحة على البارد سوف تتلف بفعل جهد القص (Shearing)، ولكن، عند كسر وصلة فإن القمة التى تحررت على أحد الأسطح سوف تصطدم بقمة على السطح الآخر بحيث أنه مع تكسر الوصلات تتكون وصلات أخرى. لا يحدث القص على طول مستوى اللحام ولكن خلال معظم المعدن. فى حالة المعدنين الغير متماثلين، فإن القص يحدث غالباً ودائماً خلال جسم المعدن الطرى وقد ينتج عن ذلك جسيمات البرى (الاحتكاك) (Wear Particles). كذلك فإن قمم السطح الصلب قد تحدث أخاديد فى المعدن اللين بحيث أن مقاومة الاحتكاك عموماً سوف تتكون من قوى القص وقوة الحرث (Ploughing force)، وذلك رغم أن الحرث سوف يكون صغيراً نسبياً فى معظم الحالات.

$$F = S + P = AS + A`P`$$

حيث

F = قوة الاحتكاك ، P = قوة الحرث ، A= المساحة الحقيقية للالتصاق

S = القوة على وحدة المساحة لوصلات القص،

A` = مساحة مقطع مسار الأخدود.

P` = متوسط الضغط على وحدة المساحة للازم لإزاحة المعدن فى السطح.

تفترض النظرية أسطح نظيفة للالتصاق، ولكن بينما أن الأسطح التى تم نظافتها وإعدادها ميكانيكياً أو كيميائيا قد تكون خالية مؤقتا من الملوثات، ولكن معظم الأسطح يحدث لها تلوث بطبقات من الرطوبة، ومن ادمصاص الغازات، ومن السوائل، ومن طبقات الأكسيد، وتأثيراتها سوف تعيق كمية اللحام على البارد بين السطحين الملتصقين.

ولكن وجهة النظر هذه التى لم يساهم فيها العالم الروسى (Kragelshi)، الذى جذب الانتباه نحو حقيقة أنه "عند إنزلاق القمم المخترقة على السطح فإنه تتكون بروز أو لنتفاخات أمامها التى تزداد أبعادها مع زيادة قوى أربطة الالتصاق. عندئذ رفع المادة يؤدى إلى تغير كبير فى شكل الطبقة السطحية.

تكرار التغير فى الشكل ينتج عنه زيادة قوة الصلابة وبالتالى زيادة القصافة السطحية (Embrittled layer). نقط تركيز الإجهاد تنتج تلف سطحى وإزالة جسيمات صغيرة. ولكن العالم الروسى (Krgelski) ومساعدوه اعتقدوا أن العامل الأول المسبب للاحتكاك هو التغير فى الشكل الكلى للمادة الصلبة الذى لم يراعى بواسطة (Bowden , Tobor).

٢- البرى ، البلى : (Wear)

يمكن تعريف البلى بأنه الفقد المستمر للمادة من سطح الجسم نتيجة الأداء الميكانيكى. هذا التعريف يشمل عمليات مثل الجلخ (Abrasion)، الحفر (Pitting)، والبلى بالحك (Suffing)، والتآكل. فى أى حالة معينة يمكن أن تعمل مثل هذه الآلية منفردة أو معاً، كما فى حالة المعدن الصلب الذى يعمل كحاك رقيق ويبلى كلا السطحين. لقد اقترح أن البلى هو مصطلح مركب والذى يشمل :

١- البلى بالالتصاق.

٢- البلى بالالتصاق والقطع.

٣- البلى بالتآكل.

٤- الإجهاد (الكلال) السطحى.

٥- عوامل أخرى.

عموماً يعتقد أنه ما بين ٢ إلى ٣ من أنواع البلى تحدث معاً ومعدل مجموع البلى هذا يتوقف على السرعة والحمل.

٣- نظريات البلى :

تعتمد نظرية (Archard) على حقيقة أن المساحة الحقيقية للالتصاق بين سطحين تكون عموماً صغيرة مقارنة بالمساحة الظاهرية، بحيث أنه أثناء الإنزلاق يوجد عدديد من التصادمات أو اللقاءات (Encounters) كمناطق موضعية للأسطح والتى تتحول مؤقتاً إلى التصاق حقيقى. عند كل تصادمات إما أن تتكون جسيمات بلى أو لا تتكون،

مقدار احتمالات التكوين يتم تمثيلها بالثابت K، وأن جسم البلى هو كتلة من المادة ذات أبعاد تقارن بتلك للمساحة المحلية اللالتصاق. إذا فرض أن جسم البلى يكون فى شكل شبه مستدير بنصف قطر يساوى ذلك لمنطقة الالتصاق، يفترض دائرى، فإن معـــدل البلى يكون $W = KPS / P_m$.

حيث :

S = مسافة الانزلاق.

P = الحمل المستخدم (المسلط)

P_m = ضغط التدفق للمادة اللينة (الأكثر ليونة).

لذلك فإنه طبقاً لتلك النظرية، فإن البلى سوف يتناسب مباشرة مع مسافة الانزلاق والحمل، وليس له علاقة بمساحة الالتصاق، وهذا تم تأكيده بالمشاهدة التجريبية.

النظرية لا تظهر مباشرة التغير المتوقع لمعدل البلى مـــع الـصلابة لأن ثابــت الاحتمالات K، يتوقع أن يعتمد على المادة كذلك. عند اختبار معـــادن مختلفـــة تحــت ظروف مشابهة من البلى، فإنه يلاحظ تجريبيا أن (K) تميل إلى النقصان مع الصلابة وأن قيمة K تكون صغيرة جداً (حيث تتراوح من 10^{-2} إلى 10^{-7}) بحيث أن مـــساحة محلية منفردة فى السطح يجب تحميلها مرات كثيرة قبل حدوث التلف بالبلى.

معالجة (Archards) تتطلب تطوير لتصبح عملية البلى متضمنة مراحل عديـــدة. ولكن، النظرية الكاملة بخصوص القدر الكلى لمعدل البلى لم يتم تطويرها حتى الآن.

الفصـــل الثانى

التزليـــق

١. التزليق: (Lubrication)

عند انزلاق سطح على سطح آخر فإنه توجد ثلاثة عوامل طبيعية أساسـية التـى تؤثر على البلى الكلى بينهم.

أ - المسافة بين الأسطح.

ب - القوى التى تعمل على الأسطح.

جـ- شكل الـs'p.

التزليج يمكن تعريفة بأنه خفض الاحتكاك والبلى بين سطحين متحـركين نـسبياً وذلك بإدخال بعض من مادة أخرى بين السطحين. هذه المادة التى تم إدخالها تـسمى المزلق (Lubricant).

يتم دفع المزلق في الفواصل ومنع تلاقي الأسطح وتعشيقها وبـذلك تقـل قـوى الاحتكام ويقل البلى والتمزق (Wear And Tear). لذلك فإن وجود الوسط التزليق يقلل من فقد الطاقة، البلى السطحى، والتلف والتشوه وكذلك، الخفض فى تكاليف التشغيل.

توجد آليتين أساسيتين حيث بهما يمكن خفض الاحتكاك:

أ- التزليق الصلب : حيث يتم تغطية سطحين بمادة مثل الجرافيت، والتى تخفض معامل الاحتكام بين سطحين عند انزلاقهما كل على الآخر.

ب- التزليق السائل: حيث استمرار طبقة سائلة بين الـسطحين بمـا يمنـع مـن التصاقهما معاً بحيث أن تكون المقاومة الوحيدة للحركة هى التى ترجع إلـى لزوجـة السائل. وهذه الطريقة هى الأكثر استخداماً من الناحية العملية.

وجود مزلج بين الأسطح المتحركة يمكن أن يقوم بأدوار أخرى بخـلاف خفـض الاحتكام والبرى حيث :

(١)- يعمل كمبرد وذلك بنشر حرارة الاحتكاك الناتجة عن احتكاك الأسطح. وبذا فإن تمدد المعدن يفعل حرارة الاحتكاك المحلية وما ينتج عنه من تلف وتغيـر فـى الشكل يتم خفضه.

(٢)- فى محركات الاحتراق الداخلى، تعمل المزلقات كذلك كحشبه لبـوس أو طـوق لمنع التسرب (Gasket) بين المكبس وجدار الأسطوانة عند كل حلقات الـضغط

وتمنع التسرب للغازات التى عند الضغط العالى فى غرفة الاحتراق، وبذا يقل الفقد فى الطاقة.

(٣)- منع دخول الرطوبة، والأتربة والأوساخ بين الأجزاء المتحركة.

(٤)- العمل كعامل تنظيف وكاسح لغسيل ونقل الأجسام الصلبه الناتجة من الحرق أو البلى.

(٥)- فى الطائرات، زيت التزليق ممكن استخدامه كوقود هيدروليكى لتغيير تباعد الدافع أو لعمل آليات أخرى. مؤشر اللزوجة للزيت هو من الصفات الهامة فى مثل هذه الحالات.

٢ـ آلية التزليق : (Mechanism of Lubrication)

عند وضع سطحين معدنيين كل منهما على الآخر، فإنه يحدث التصاق بين قممهما، وتكون مساحة الالتصاق الحقيقية عادة حوالى ٠,٠٠٠١ من المساحة الظاهرية للالتصاق. عند تسليط ضغوط عالية على نقط الالتصاق هذه بما يزيد عن حد اللدونة للمعادن، البلاستك، فإنه يحدث انسياب والسطحين يحدث لهما التصاق معاً. عند انزلاق أحد السطحين المعدنى على الآخر فإن الحركة لا تكون ناعمة ومستمرة ولكن يوجد تعاقب من الانزلاق والالتصاق، ذلك لأن التوصيلات المتتالية الملحومة يتم تكسيرها ومعالجتها. الاحتكاك بين الأسطح يتوقف على السهولة التى يتم بها كسر اللحامات والذى بالتالى يتوقف على حمل وصلابة المواد. معامل الاحتكاك لمعدن صلب ينزلق فوق معدن لين عادة يكون صغيراً، الوصلات الملحومة تحفر الأخاديد فى المواد اللينة عند بدء الانزلاق.

اللحامات القوية يمكن أن تكون تحديداً بين معدنين ذوى قوة عالية ملتصعقين، وعند كسر هذه اللحامات، فإنه قد يحدث تلف طبيعى كبير لكلاً السطحين. تكون وصلات ملحومة يصبح أكثر انتشاراً مع زيادة سرعة الانزلاق ذلك لأن الحرارى المنبعثة فى الانزلاق تعمل على ليونة أسطح المعدن.

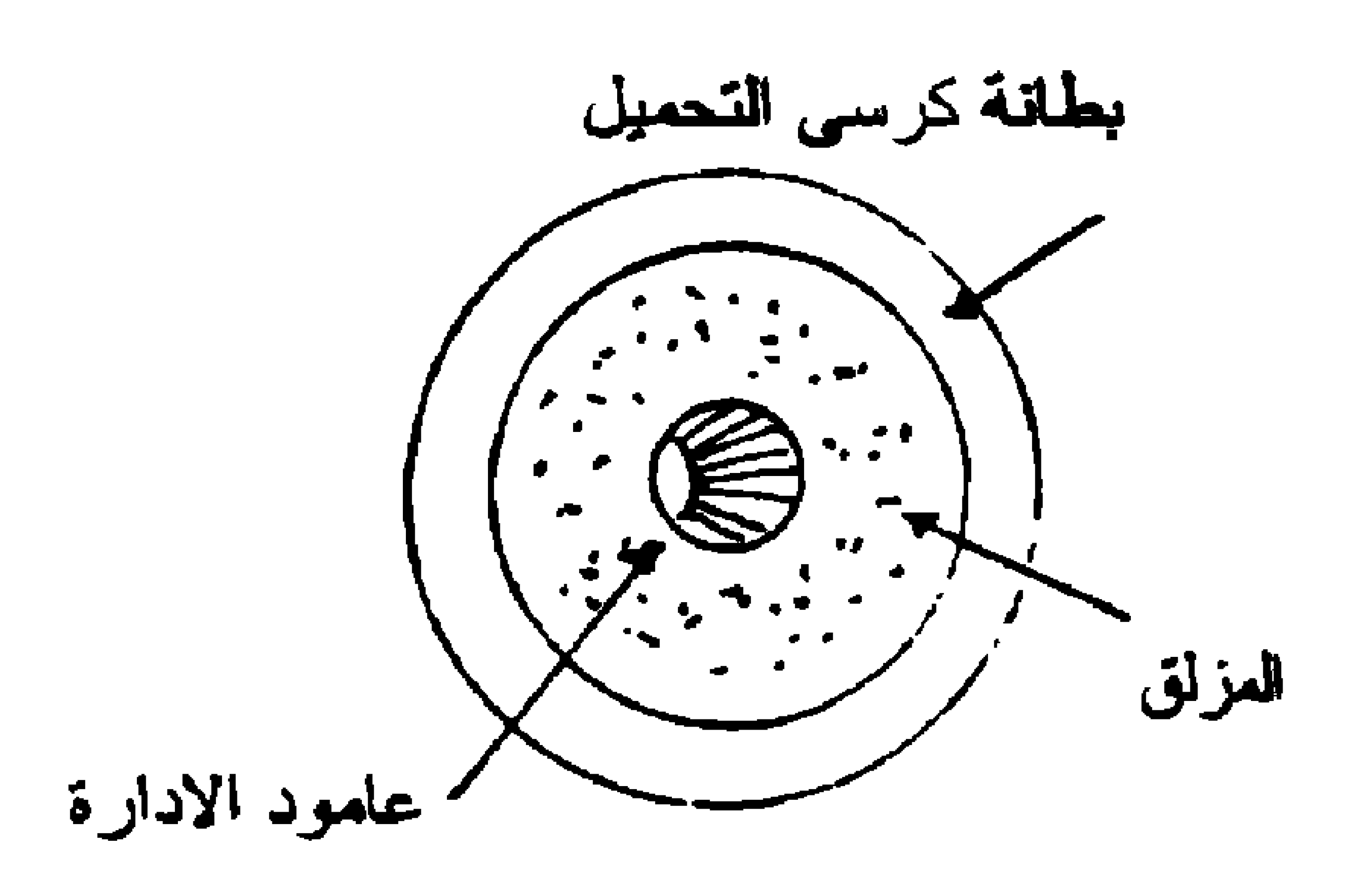
نظراً لأن الاحتكاك ينتج عادة من الوصلات الملحومة بين الأسطح المتحركة، فإن الأداء الرئيسى للمزلج يكون إعاقة تكون هذه الوصلات، أو لاستبدالها بوصلات جديدة

التى يحدث لها القص بسهولة، وبذا خفض مقاومة الاحتكاك وخفض البلـــى والتلـــف. الثلاث أنواع الآتية من آليات التزليج هى المميزة عموماً، ولذلك فإن عوامـــل تعيـــين اختيار المزلج المناسب تختلف طبقاً لكل حالة.

٢ـ التزليق السائل أو الهيدروديناميكى :
Liquid or Hydrodynamic Lubrication

فى التزليق السائل أو التزليق الهيدروديناميكى، تكون الأسطح المتحركة منفـصلة عن بعضها بطبقة سائلة بسمك لا يقل عن ١٠٠٠ وحدة أنجسترون (1000A°)، حيـث يكون نادراً ما يحدث إلتصاق سطح بالآخر أو أن يحــدث لحــام. تحــت الظــروف الهيدروديناميكية للتزليق يكون معامل الاحتكاك منخفض حتـــى ٠,٠٠١ إلـــى ٠,٠٣ (للأسطح التى لم يتم تزليقها، يكون معامل الاحتكاك ما بين ٠,٥ إلـــى ١,٥). معامـــل الاحتكاك F = f/W حيث F = هى القوة اللازمة لإحداث الحركة، W = هو الحمـــل المستخدم.

التزليق الهيدروديناميكى يحدث فى حالة دوران عامود الإدارة بسرعة مناسبة فى كرسى تحميل جيد التزليق، مع حمل غير مرتفع كثيراً. مثال لنموذج مكبـــر لعـــامود إدارة يدور فى محمل مقعده العامود (Journal Bearing) موضح فى الشكل (٢). فى حالة إزاحة خط المركز بعيداً عن محور محمل مقعده العامود، فإنه يمكن سحب طبقة من المزلج إلى الداخل فى شكل آسـفين. وتحــت هــذه الظــروف، فــإن نظريـــة الهيدروديناميكى تتوقع زيادة الضغط الكافى للمحافظة على كل من العـــامود ومحمـــل المعقد بعيدين عن بعضهما البعض، عامود الإدارة "يطفو" فوق المزلق. تتوقف كفـــاءة التزليق بهذه الآلية على تصميم كراسى التحميل، التحميل، معدل دوران العامود وعلى لزوجة المزلج. بالنـــسبة لحمـــل معـــين ومعـــدل دوران معـــين، يـــزداد الـــضغط الهيدروديناميكى مع زيادة لزوجة المزلجه، ولكن توجد حدود عملية للزوجة التى يمكن استخدامها، ذلك لأنه يلزم كمية كبيرة من الطاقة لتدوير واستمرار طبقة مـــن المـــزلج عالى اللزوجة.



شكل (٢) التزليق الهيدروديناميكى
لقاعدة عامود الأدارة

فى التزليق الهيدروديناميكى شكل (٢) تغطى أسطح كل من عامود الإدارة وكذلك أسطح كراسى التحميل بطبقة من زيت التزليق. طبقة الزيت تكون سميكة بما يكفى لتغطية عدم الاستواء للأسطح ولا يحدث التصاق بين أسطح المعادن. لذلك، فإنه عملياً لا يحدث بلى. مقاومة الحركة تعود فقط إلى المقاومة بين جسيمات المزلق المتحركة فوق بعضها البعض. لذلك، فإنه فى حالة التزليق الهيدروديناميكى، فإن المزلق الذى يتم اختياره يجب أن تكون له اللزوجة الكافية بحيث أن تكون قوة التحميل بسبب دوران محمل مقعد العامود، كافية لسحب الزيت الكافى بين محمل مقعد العامود (Journal) وكرسى التحميل (Bearing) وفى نفس الوقت، يجب ألا تكون عالية اللزوجة والتى تضيف مقاومة لحرية الحركة لجسيمات المزلق فوق بعضها البعض.

التزليق الهيدروديناميكى يستمر فى حالة النظم الميكانيكية الرقيقة مثل الساعات، ماكينات الخياطة، والأجهزة العلمية.

اختيار السائل المزلق المناسب هو عملية معقدة مع تغيرات اللزوجة طبقاً لدرجة الحرارة. لزوجة زيت من الهيدروكربونات كنموذج تخفض مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث يكون الزيت مناسباً عندما يكون المحرك بارداً يمكن أن يصبح رقيقاً جداً لاستمرار طبقة التزليق المناسبة عند درجات حرارة التشغيل العادية. لاستمرار اللزوجة المناسبة للزيت اللتزليق المناسب فىكل فصول العام، فإن المزلقات الهيدروكربونية العادية عادة يتم خلطها مع بلمرات مختارة ذات التسلسل الطويل (Long Chain Polymers). تعتبر زيوت الهيدروكربون مزلقات مقبولة، حيث تزداد

لزوجتها مع زيادة الوزن الجزيئى. الخلط المناسب للأجزاء المناسبة من بعض أجزاء تكرير البترول والذى يمكن استخدامه لمختلف التطبيقات، ولكن، تلك الأجزاء تحتـوى عادة كميات صغيرة من المركبات الغير مشبعة التى سوف تتأكـسد عنـد ظـروف التشغيل، مكونة الصموغ واللاكيهات. لذلك فإنـه يجـب حفـظ مـضادات الأكـدة (Antioxidants) مثل (Aminophenols) مع تلك الزيوت. ولكن هذه الزيوت يمكن أن يحدث لها بعض التحلل عملياً مع تكون جسيمات كربـون صـلبة. للمحافظـة علـى جسيمات الكربون هذه عالقة فى زيت التزليق، فإنه عادة يتم إضافة مركبات عـضوية معدنية (Organo Metallic Detergents).

٤ـ الطبقة الرقيقة للتزليق الحدى : (Boundary Lubrication)

تزليق السائل أو الهيدروديناميك يكون مؤثراً فقط إذا كانت طبقة المزلق لا يقـل سمكها عن ١٠٠ وحدة أنجسترون ($100A^o$). ولكن سمك الطبقة عادة يكـون أصـغر كثيراً عن تلك القيمة تحت ظروف التحميل العالى ومعدل الدوران البطئ، وأن التزليق يجب أن يستمر بطبقة حاجزة والتى سمكها قد لا يزيد عـن طبقـة أو طبقتـين مـن الجزئيات. إذا كان أقصى ضغط كبيرا حيث تكون طبقة الزيت هى فقط بسمك جزيئين أو ثلاثة من الهيدروكربونات أو تزليق سائل يتم استبداله بحاجز التزليق، فإن بعـض القمم فى الأسطح يمكن أن تكون أعلا من السمك، حيـث يحـدث بعـض البـرى أو الاحتكاك.

التزليق الحدى (وهو التزييت الرقيق الامتـزازى اللاغـشائى) أى (Boundary Lubrication) يحدث عندما لا يمكن استمرار طبقة السائل المستمرة والذى يحدث (أ) عندما يتم تشغيل عامود الإدارة بعد الراحة (ب) تكون السرعة بطيئة جداً (جـ) الحمل يكون عالياً جداً (د) لزوجة الزيت تكون منخفضة جداً. فى مثل هذه الظروف لا يمكن استمرار طبقة السائل بين الأسطح، وإذا كان التزليق يلزم استمراره، يكون من المهـم إدمصاص طبقة من المزلج على أسطح الحك بقوة طبيعية و/أو كيماوية. عندئذ تصبح أسطح المعادن قريبة من بعضها إلى حد كبير ولكن معزولة بطبقة من المزلق. مثـل هذه الصفة للزيت والتى تمكن من استمرار طبقة حديه من الزيت بالادمصاص تسمى

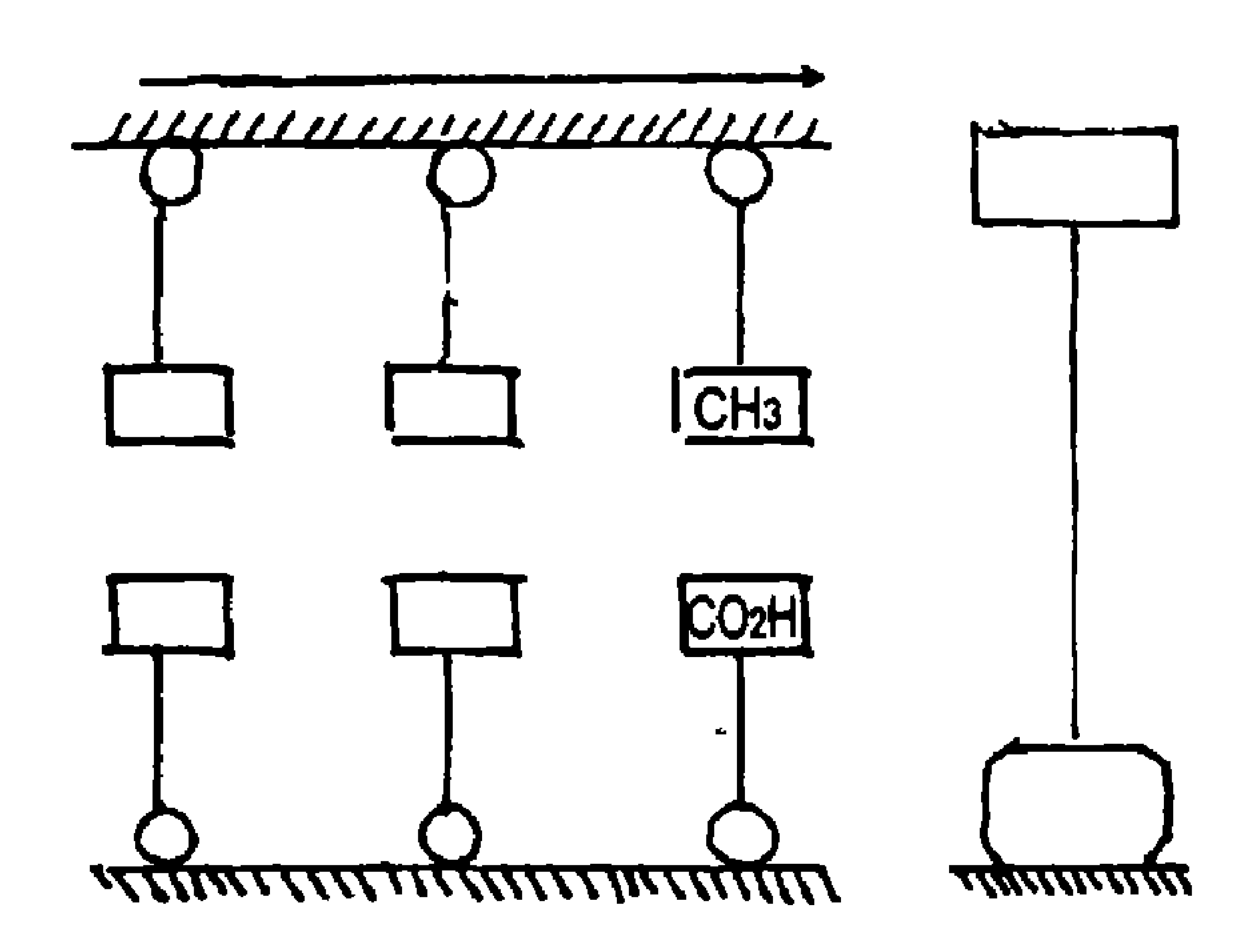
"التزييت (Oiliness). يتم حمل الحمل بواسطة طبقات من المزلق الذى تم إدمصاصه على سطح المعدن أو الذى يتفاعل كيماويا مع سطح المعدن مكوناً طبقة رقيقة من صابون المعدن (Metal Soap) الذى يعمل كمزلق. هذا النوع من التزليق يسمى التزليق الحدى. معامل الاحتكاك فى مثل هذه الحالات هو عادة بين ٠,٠٥ إلى ٠,١٥ عندما تسود طبقة السائل أو التزليق الهيدروديناميكى، فإن طبقة الزيت العازلة لمحمل مقعد العامود Journal من سطح التحميل تكون بالسمك الذى يؤكد أن القمم المرتفعة لكل سطح تكون بعيدة جيداً وأن الحركة تحدث بالقص المتتالى للطبقات للمزلق حيث يكون معامل الاحتكاك فى كرسى تحميل معين يتوقف على لزوجة المزلق.

فى حالة التزليق الحدى (Boundary Lubrication) فإن الفاصل بين الأسطح الغير لامعة (Matting Surfaces) تكون أصغر كثيراً، حيث تكون فى قدر ارتفاع القمم السطحية. إذا حدث عندئذ ضغط لإخراج طبقة الزيت فإنه يحدث التصاق بين المعدن والمعدن الآخر، ويكون الحمل على النقط المرتفعة وعلى مرتكز العامود وعلى كرسى التحميل، وسوف تتولد كمية كبيرة من الحرارة عندئذ فإن كلا السطحين يعملا على الالتحام معاً. عند التصاق السطحين معاً وعدم إمكان الحركة فإنه تحدث حالة التماسك (Seizure). أما فى حالة استمرار الحركة مع إزالة بعض المعدن من السطحين فإن النتيجة تعرف بالتقشير (Scuffing).

عملياً كل من التماسك والتقشير تحدث لهما إعاقة أو تأخير بحقيقة أن المعادن تميل إلى تكوين طبقات على أسطحها وأن هذه الطبقات تمنع الالتصاق المؤقت بين المعدن والآخر. هذه الطبقات هى نتيجة الأكسدة أو أى تفاعل كيميائى عند سطح المعدن أو بامتصاص المزلق، أى أن طبقات رقيقة من المزلق تصبح مرتبطة جيداً بالسطح.

فى حالة الطبقات الممتصة يكون انخفاض مقاومة الحركة نتيجة عزل السطحين بتلك الطبقات الرقيقة جداً، ويوصف خفض المقاومة بالتزييت (Oiliness). مختلف المزلقات ذات اللزوجة الواحدة لها قدرة تزييت مختلفة. لقد عرفت قدرة التزييت بواسطة (Herschel) بأنها الخاصية التى تسبب الاختلاف فى الاحتكاك عند استخدام

مزلقين بنفس اللزوجة وعند درجة حرارة واحدة للطبقة عند ظروف متشابهة. هذا التعريف ليس كافياً تماماً حيث مفاهيم قدرة التزييت مازالت غير واضحة. لا توجد طريقة معروفة لتقييمها إلا أن المعلوم جيداً أن الزيوت المثبتة (Fixed oils)، أى الزيوت النباتية والحيوانية لها قدرة تزييت أعلا مقارنة بالزيوت البترولية. وهذا يعود إلى المكون الكيميائى لهذه الزيوت، وخاصة محتواها من الحامض الدهنى (Fatty Acid). الزيوت المعدنية لها جزيئ متماثل بمجموعة (CH_3) عند كل نهاية ولكن الأحماض الدهنية لها مجموعة (COOH) عند نهاية واحدة وقد كان ذلك توضيح لقدرة التزييت العالية للزيوت المثبتة. فقد اقترح (هاردى) أنه رغم رغبتها الكبيرة لأسطح المعدن، فإن مجموعة (COOH) تصبح مرتبطة بسطح المعدن، أما مجموعة (CH_3) فتصبح مبعدة. هذا يوضح الصورة عند عزل سطحين غير لامعين بسلاسل جزيئية (Molecular chain) المرتبطة والمنجذبة لكل سطح بمجموعات نهاية (COOH) الموضحة فى الشكل (٣).



(أ) الحركة النسبية بين الأسطح

(ب) الحيود الجزئى

شكل (٣) تزييت الأحماض الدهنية

كذلك فإنه اقتراح أن الاحتكاك بين الأسطح يرجع إلى الأداء المشترك لمجالات قوى السطح، حيث زيادة العزل للسطح تعنى خفض التفاعل. هذا يوضح ببساطة الحقيقة المعروفة أن طول سلسلة جزيئى لأحماض الدهنية تزداد، ويقل الاحتكاك. العالمان (Bowden , Tabor) أوضحا أن التفاعل الكيميائى هو بالأهمية الاولى وأن

زيادة قدرة التزييت للزيوت الدهنية مرتبط بخواص التزليق للصابون المعدنى النـــاتج عند تفاعل مكون الحامض الدهنى مع أسطح التحميل.

الحالات الحدية للتزليق ليست مثالية ولكن يمكن أن تسود عند بداية وتوقف المعدة وكذلك فى ظروف الضغط العالى والسرعة المنخفضة مثل ما يحدث عند نهاية مشوار مكبس المحرك، لذلك فإنه يكون من المفيد، عند تساوى الظـــروف الأخـــرى، تـــوفير مزلق له قيمة تزييت عالية. رغم أن الزيوت الدهنية لها قدرة تزييت أعلا من الزيوت المعدنية، إلا أنها تتكسر عند درجات الحرارة العالية ولذلك لا تكون مناسبة للاستخدام فى اسطوانى محرك الاحتراق الداخلى. المحاولات التى تمت لتحسين قدرة التزييـــت للزيوت المعدنية، مع الاحتفاظ بميزتهاالكبيرة فى الثبات الحرارى، تكون من إضـــافة كميات صغيرة من الزيوت الدهنية إلى الزيوت المعدنية لتـــوفير الزيـــوت المركبـــة (Compounded Oils). تلا ذلك إضافة الأحماض الدهنية نفـــسها وأصـــبح معروفـــاً بمحسنات التزييت (Oiliness Imporovers) أو الإضافات (Additives).

تتوقف قدرة التأثير للمزلق الحدى، حتى زيادة ما تفعله فى تزليق الـــسائل علـــى المكونات والخواص الكيميائية للزيت. مزلق التروس عالية السرعة يمكن أن يتعرض لضغوط حتى ١٣٥٠٠٠ رطل على البوصة المربعة. الطبقة الرقيقة مـــن الجزيئـــات يجب أن تتحمل الإزاحة بهذه الضغوط العالية. فى حالة التزليق الحدى، فإن الجزيئات يجب أن يكون لها (١) سلاسل طويلة من الهيدروكربونات (٢) انجذاب جـــانبى بـــين السلاسل (٣) مجموعات قطبية (Polar) لتعزيز البلل أو الانتشار والتوجـــه والتكيـــف على السطح، وللضغوط المرتفعة (٤) الذرات النشطة أو المجموعات لتكوين أربطـــة كيميائية مع المعدن أو سطح آخر.

مؤشر اللزوجة العالية، مقاومة الأكسدة الحرارية ونوعية المنظفات، الالتـــصاق، انخفاض نقطة الصب (Low Pour Point)، قـــدرة التزييـــت، والخـــواص الأخـــرى الضرورية لاستخدامات خاصة، كل هذه يتم تعيينها بواسطة كيمياء المزلق.

٣ـ التزليق عند الضغط الفائق : Extreme Pressure Lubrication

فى حالة تعرض أسطح الحك إلى ضغط عالى وسرعة عالية، فإنه تتولد حرارة احتكاك كبيرة. درجات الحرارة الموضعية التى تنتج فى هذه الحالة على الأسطح تجعل المزلقات العادية المستخدمة غير مؤثرة بسبب التحلل أو التبخر. وبهدف توفير تزليق مؤثر عند درجات الحرارة العالية والضغط العالى والظروف الشاقة هذه، فإنه تستخدم إضافات خاصة تسمى "إضافات الضغط الفائق (Extreme Pressure Additives) مع المزلقات. الكيمياوياتالنشطة المستخدمة عموماً هىمركبات الكلور (مثل الايسترات المكلورة)،الكبريت (مثل الزيوت والشحوم المكبرتة)، والفوسفور (مثل تراى كريزول فوسفات). خلال التفاعلات الكيميائية مع أسطح المعدن، عند درجات الحرارة السائدة، تكون تلك الإضافات طبقات سطحية صلبة من مركبات كلوريدات المعدن، ومركبات السلفيد، واحتمال الفوسفيدز. هذه الطبقات الحديه لها قوة قصى صغيرة نسبياً (مثال، كلوريد الحديد ٠,٢ ، كبريتيد الحديد ٠,٥) بحيث أن الحك بين السطحين يحدث فى الطبقة المضافة وبذا يتم حماية المعدن أسفلها.

نقطة الانصهار لطبقات مزلق الضغط الفائق مرتفعة (حيث كلوريد الحديد = ١٢٠٠ فهرنهيت، سلفيد الحديد ٢١٥٠ فهرنهيت) لذلك فإنها تظل ملتصقة بمعدن الأساس حتى فى حالة الظروف المرتفعة من درجة الحرارة. هذا بالإضافة إلى أن هذه المزلقات لها ميزة أخرى وهى أنه فى حالة تكون طبقات ذات قوة القص المنخفضة على الأجزاء المتحركة وتكسير هذه الطبقات بفعل الاحتكاك، فإنه يتم تعويضها فوراً.

التطور الواعد الآخر فى هذا المجال هو تكون طبقات على الأسطح الغير لامعة للأجزاء أثناء تصنيع تلك الأجزاء.

توجد آليات معينة التى يكون فيها الحمل بين أسطح المعدن المتحرك عالى جداً بحيث أن السائل العادى أو الطبقة الحدية للمزلقات تكون غير قادرة على منع حدوث الاتصال للمعدن بالآخر. هذا فى حالة التروس ذات المحورين المتعامدين أو مختلفة المحاور (Hypoid Gears) المستخدمة فى محور الإدارة الخلفى للسيارة، فى ذلك

المستوى الحلزونى للتروس توجد حركة انـزلاق طويلـة بالإضـافة إلـى الحركـة التدحرجية العادية، وتنتج درجة حرارة عالية. نتيجة لدرجات الحرارة العاليـة هـذه يحدث كسر للمزلقات العادية، خلاف التأثير المباشـر للـضغوط العاليـة. مزلقـات الضغوط الفائقة (Extreme Pressure) هى مواد التى ترتبط مع الأسطح المعدنية عند درجات الحرارة العالية، بما يعطى السطح طبقات التى يمكن أن يحدث عليها القـص بسهولة عند الوصل بين المعادن التحتيـة. أحـد هـذه المركبـات هـو (Tricresyl Phosphate)، الذى يتفاعل مع الصلب عند درجات الحرارة العاليـة ليكـون طبقـة سطحية من فوسفيد الحديد، ذات درجة حرارة انصهار أقل كثيراً عن تلـك للـصلب نفسه. المركبات العضوية المحتوية علـى الكلـور النـشط أو علـى ذرات الكلـور المستخدمة كذلك، فهى تتفاعل لإعطاء طبقات سطحية من كلوريد أو من سلفيد المعدن.

هذه الطبقات تتكون عند درجات الحرارة العالية فقط، ومزلقات الـضغط الفـائق ليست مزلقات جيدة فى ظروف التحميل العالى، حيث درجات الحرارة المتكونة تكون صغيرة نسبياً. لذلك فإن المزلقات عادة تنتج بخلط إضافة الضغط الفائق مـع مزلـق الهيدروكربون، المضاف إليه بعض من الحامض العضوى، عندئذ يـستمر التزليـق المناسب عند درجات الحرارة المنخفضة بمزلقات السائل والطبقة الحدية، بينما إضافة الضغط الفائق تتطلع بالمهمة عند درجات الحرارة العالية حيـث حـدوث الانـصهار للطبقة الحدية.

إضافات الضغط الفائق مطلوبة كـذلك فـى سـوائل القطـع (Cutting Fluids) المستخدمة كمزلقات فى ماكينات ذات المعادن القوية (Tough)، حيث يتم تغذية سطح القطع بكمية صغيرة من الحامض الدهنى كمزلق حدى وإضافة من الكلوريد العضوى أو السلفيد. فى عمليات القطع الخفيف يمكن أن يكون استخدام مـستحلب بـسيط مـن الزيت – الماء مناسباً.

تستخدم إضافات الضغط الفائق كذلك كمزلقات فى سحب السلك. بينمـا الـصلب المطاوع، وحتى التنجستين يمكن سحبه خلال قوالب (فرم) مناسبة فى حالة اسـتخدام الجرافيت كمزلق، معادن أخرى مثل التيتانيوم لا يمكن سحبها تحت هـذه الظـروف.

التيتانيوم يمكن سحبه فى شكل سلك فى وجود الإضافة المحتوية على الكلــور والتــى تتفاعل مع طبقة الأكسيد الثابتة لسطح المعدن.

٥ـ المزلقات فى الحالات العادية المتطرفة والاستخدامات الخاصة :

أ- تزليق الغاز : Gas lubrication

تزليق كراسى التحميل بالغاز كان له اعتبار خاص بـسبب مقاومتــه للإشــعاع، المقاومة للسرعات العالية ودرجات الحرارة القصوى. الغازات التى استخدمت بنجاح لتزليق كراسى التحميل شملت الهواء، الهيدروجين، الأرجون، الهيليوم، النيتــروجين، الأكــسجين، ثـــانى أكـــسيد الكربـــون، غـــاز هكزافلوريـــد اليورانيـــوم (Uranium Hexafloride). الصفة المفيدة فى الغازات هى أن لزوجتها وبالتالى قدرتها على توليد ضغط هيدروديناميكى، تزداد بزيادة درجة الحرارة. لزوجة الغازات عـــادة تكون ليس لها علاقة بالضغط حتى (IMPa).

عند استخدام الغازات كمزلقات عند السرعات العالية، فإنه يمكن خفض بلى البدر والتوقف (Start - Stop wear) باستخدام مادة تغطية مقاومة للبلـــى (مثـــل ، كربيـــد التنجستن، أكسيد الكروم) وذلك لمرتكز العـــامود (Journal) وكراســـى التحميـــل، أو باستخدام المزلقات الصلبة (مثل مواد Teflon MoS_2).

الاستخدامات :

استخدمت حاويات الغازات فى محاور الدوران والمغـــازل بالغـــة الدقـــة، فـــى الموزعات (Circulators) التى تدار بالمحرك أو بالتربين، والمراوح، الضواغط، وفى البوصلة الدوارة لحفظ الاتجاه (Gyroscope)، جداول المحاكاة البيئيـــة، أســـطوانات الذاكرة (Memory Drums)، المحركات التربينية (Turbomachinery).. الخ،

الحدود : بسبب اللزوجة المنخفضة جداً للغازات فإن الحمل الحدى بحوالى (١٥ – ٣٠ Mpa) للعمل بالرفع الخارجى لضغط الغاز فى الأداء الهيدروســتاتيكى. هـــذا بالإضافة إلى أنه فى حالة فواصل التحميل الصغيرة فى حاويات الغاز يجب الحـــرص نحو خفض دخول جسيمات الأتربة ما أمكن، وكذلك الرطوبة، جسيمات اللبى.

ب- المعادن السائلة :

مزلقات المعادن السائلة (مثـل، المعـادن ذات درجـة الانـصهار المنخفـضة، السيزيوم، الجاليوم، الزئبق، البوتاسـيوم، الـصوديوم، الروبيـديوم، والـصوديوم – البوتاسيوم) والتى استخدمت فى الحالات حيث كانت درجة حرارة التشغيل أعلا مـن ٢٥٠°م وحيث تحلل معظم السوائل العضوية والماء ينتج ضغط بخار عالى.

سائل المعادن ذات نقط انصهار منخفضة المستخدمة كمزلقات.

المعدن	نقطة الانصهار °م	نقطة الغليان °م
الزبق	– ٣٩	٣٦٠
صوديوم- بوتاسيوم أصهورى	– ١١	٧٨٠
صوديوم	٩٨	٨٨٠
بوتاسيوم	٦٢	٧٦٠
جاليوم	٣٠	١٩٨٠
سيزيوم	٢٨	٦٧٠
روبيديوم	٣٩	٧٠٠

لزوجة المعادن السائلة تشبه لتلك للماء عند درجة حرارة الغرفة ولكنها تقترب من لزوجة الغازات عند درجات الحرارة العالية. طاقة الحمل الهيدروديناميكى مع كل من سوائل المعادن والماء فى كراسى التحميل حوالى ٠,١ لتلك مع الزيوت.

الصوديوم-البوتاسيوم الأصهورى متاح تجاريا للاستخدام كسائل خلال مجال كبير من درجة الحرارة – ولكن، بسبب استعدادها الزائد للأكسدة فى الهواء، فإن تـداولها والتخلص منها يكون خطرا. لهذا السبب فإن أصهورى الصوديوم- البوتاسـيوم يـتم استخدامه كمزلق فقط فى الفراغ المقفل أو فى جو من الغاز الخامـل مـن الهيليـوم، الأرجون أو النيتروجين. كذلك فإن اختيار مادة التحميل المناسبة لسائل المعدن لـدعم المحور الدوار أو الترددى يكون مدققاً. استخدام كربيد التنجستين كمادة أسمنتية بنسبة ١٠ – ٢٠% من رباط الكوبالت يعطى كفاءة ممتازة حيث عند العمل مع الموليدينوم تحت الأحمال الثقيلة عند سرعات منخفضة عند درجات حرارة حتى ٨١٥°م.

نقطة الانصهار المنخفضة لسبيكة (جاليوم - انديان - قصدير) وجد أنها تعطى كفاءة ممتازة للتحميل الحلزونى فى التفريغ لأنابيب أشعة أكس عند سرعات حتى ٧٠٠٠ لفة فى الدقيقة.

جـ- مزلقات التحميل ذات درجات الحرارة المنخفضة :

Oryogenic Bearing Lubrications

سوائل الحرارة المنخفضة (مثل الأكسجين السائل، النيتروجين السائل، الهيدروجين السائل) تستخدم كوقود فى نظم الدفع السائل للصواريخ، فى الطلمبات المستخدمة فى نقل كميات كبيرة من الغازات السائلة وفى التمددات التربينية فى المبردات المسيلة. كراسى التحميل التى تعمل فى سوائل مبردة متوفرة باردة لتشتيت حرارة الاحتكاك ولكن بسبب اللزوجة المنخفضة للسوائل، يتم الحصول فقط على تزليق هامشى. تستخدم عادة أغطية من التيفلون (Teflon) أو (MoS_2) لمقاومة البلى ولمستويات منخفضة من الاحتكاك.

نظراً لأن السوائل البادرة لها لزوجة منخفضة، فإن عناصر تحميل الدرفلة (Roller) يبدو أن تكون أكثر كفاءة عن كراسى التحميل الهيدروديناميكية للطلمبات التربينية. يفضل عادة كرات الصلب المقاوم والحلقات بسبب مقاومتها العالية للتآكل.

د- استخدام الزجاج فى التزليق : Lubrication Using Glass

أنواع الزجاج اللين مثل السليكا المنصهرة، ٩٦% سليكا - صودا - جير، البورو سيليكيت، الألومينوسيليكيت تستخدم كمزلقات للبثق، التشكيل وعمليات التشكيل الأخرى على الساخن مع سبائك الصلب أو السبائك ذات الأساس من النيكل حتى حوالى ١٠٠٠ °م، وهى تستخدم كذلك فى البثق (Extrusion) وتشكيل سبائك التيتانيوم والزركونيوم وتستخدم لدرجة أقل لبثق سبائك النحاس. للعمل كمزلق مثالى هيدروكربونى، فإن مكونات الزجاج يتم اختيارها لتوفير اللزوجة المناسبة عند متوسط درجة الحرارة للقالب وقطعة الشغل (10 - 100 Pa). مزلقات الزجاج يمكن استخدامها فى شكل شعيرات أو مسحوق للقالب أو قطعة الشغل الساخنة، أو كردغة (Slurry) مع

عامل رباط من البولمرات لقطعة الشغل قبل التسخين. استخدمت مزلقات الزجاج لتشكيل المواد السيراميك عند درجات الحرارة العالية.

العوامل البيئية والصحية :

قوانين حماية البيئة فى كثير من دول العالم تمنع التخلص من المزلقات فى المجارى المائية، وفى حفر التخلص من المخلفات وفى أى قنوات بيئية أخرى. حوالى ٥٠% من مخلفات التزليق يتم حرقها كوقود، عادة مع الخلط بمخلفات الخام ووقود التقطير. سوائل مخلفات تشغيل المعادن المائية يمكن معالجتها بالطرق التقليدية لإزالة الزيوت .. الخ للحصول على نوعية المياه المناسبة للتخلص.

المواد الأرومانية متعددة الحلقات (Polycyclic Aromatics) فى زيت الأساس والإضافات هى الأكثر سميه والمكونات الأكثر خطورة فى زيوت التزليق. إضافات التزليق مثل

(Phenyl 1-2 Naphthyl amine , Sodium Nitrite Plus Amines , Chlorinated Naphthalenes , Tricresyl phophate High in Ortho- cresol Isomer)

مركبات الرصاص، وبعض مركبات الكبريت تلك من بين المكونات الخطرة – زيت المحرك المستخدم يمثل زيادة فى النشاط السرطانىمقارنة بالزيوت التى لم تستخدم. يجب تجنب الالتصاق مع المزلقات، زيوت تشغيل المعادن، زيوت التبريد التى كانت فى الخدمة وحدث لها تحلل كثير عند درجات الحرارة العالية أو الملوثة بالمعادن السامة أو البكتريا.

هـ- المزلقات المستخدمة فى الصناعات الغذائية :

المزلقات ذات المستوى الغذائى يجب إعدادها من المنتجات البترولية عالية النقاء والتى تم تنقيتها إما بالمعالجة بالحامض أو بالهدرجة للتخلص من كل المركبات الغير مشبعة، المواد الأرومانية، والمواد المسببة للألوان.

المتطلبات الحقيقية لمزلقات التى تلتصق مع المواد الغذائية فإنه يجب استخدام المزلقات الآتية.

١- الزيوت المعدنية البيضاء ذات المستوى الغذائى أو الفازلين الغذائى تستخدم فقط فى أغراض التزليق مثل عوالم التحرر فى إنتاج المخبوزات، الحلويات، الخضراوات أو الفاكهة المجففة، بياض البيض.

٢- تستخدم الزيوت البيضاء ذات الدرجات المعنية فى صناعة لفائف الألومنيوم لتعبئة المواد الغذائية، وفى صناعة غذاء الحيوان وللماكينات المستخدمة فى الصناعات الغذائية.

و- التزليق فى نظم المفاعلات النووية :

يلزم استخدام المزلقات للتحكم فى أعمدة التشغيل (Rod Drivers) وفى الضواغط، وطلمبات تدوير المبرد، محابس تشغيل المحرك، ومحابس تداول الوقود لنظم المفاعلات النووية.

درجة التلف الناتجة عن المزلق فى نظام المفاعل النووى تتوقف على إجمالى الطاقة الاشعاعية الممتصة بسبب إشعاع (Y) أو القصف بالنيترونات (Neutron Bombardment). وحدة الطاقة الإشعاعية الممتصة هى Gray ويرمز لها بالرمز (Gy)، والذى يساوى ١ × ١٠$^{-٥}$ جول ممتص لكل جرام من المادة، أو ٠,٠١ Gy == واحد راد (1 Rad). التغيرات الأولى التى تلاحظ بزيوت التزليق ذات الأساس البترولى عند جرعة حوالى ١٠^{٤} Gy هى تصاعد الهيدروجين وغاز الهيدروكربونات الخفيفة كفتات من الجزئيات الأصلية. عدم التشبع الناتج يؤدى إلى خفض الأكسدة - الثبات والتشابك المتقاطع (Cross linking) والبلمرة، أو الانشقاق. العديد من الزيوت البترولية تظهر الميل نحو زيادة اللزوجة مع زيادة جرعة الإشعاع. عموماً، الجرعة التى تعطى ٢٥% زيادة عند ٤٠°م - لزوجة أخذت كحد مقبول فىكثير من استخدامات المزلق. الجرعات الأعلا تنتج زيادة فى الكثافة، تكون حمأه ومشاكل فى التشغيل والتى تتداخل مع كفاءة زيت التزليق.

الشحوم المكونة من زيت البترول المكثف بصابون الليثيوم، صابون الكالسيوم أو صابون الصوديوم تعانى من تفتت بناء الصابون الغروى عند جرعات أكبر من ١٠^{٥}

Gy يلى ذلك ليونه الشحوم لتصبح سائل عند جرعات أعلا، تحدث بلمرة للزيت بما يؤدى إلى الصلابة الكلية للشحم.

بعض الحشومات ذات المكونات المقاومة للإشعاع مثل مركبات polyphenylether Oil، ومواد التكثيف الغير صابونية تحافظ على القوام المناسب لأغراض التزليق حتى عند 10^7 Gy.

ز- مزلقات التحلل البيولوجى : biodegradable Lubricants

التحلل البيولوجى يمكن تعريفه بأنه التحلل الذى يحدث للمادة بالنظم البيولوجية. الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى الزيت ستحاول استخدام أى مادة متاحة كمصدر للطاقة والكربون وذلك بتكسيرها إلىكيماويات بسيطة التى يمكن أن تهضمها تلك الكائنات الدقيقة. لذلك، فإن التحلل البيولوجى الأولى يتضمن تحول المادة الأصلية إلى كيماويات بسيطة. التحلل البيولوجى الكلى يشمل تحول المادة الأصلية كلية إلى مواد أخرى وهى CO_2، الماء، كتلة ميكروبية جديدة، مادة غير عضوية لا تهضم فى حالة وجودها. تصنف المادة بأنها قابلة للتحلل البيولوجى إذا كانت نسبة تحللها فى الاختبار القياسى تزيد عن مستوى الغرض المعين.

تطوير المزلقات القابلة للتحلل البيولوجى ظهر من العلاقات خلال تراكم المركبات الهيدروكربونية فى رواسب بحيرة فى سويسرا، هذه المركبات الهيدروكربونية وجد أنها من الزيوت المعدنية المستخدمة كمزلقات فى المحركات الخارجية للقوارب.

تم تطوير المزلقات ذات التحلل البيولوجى للمحركات ذات الشوطين المبنية على الإيسترات المخلقة (Synthetic Esters)، وهذه متاحة حالياً فى اليابان وفى أماكن كثيرة من أوربا. مزلقات أخرى قابلة للتحلل البيولوجى وجد أنها تستخدم فى معدات هيدروليكية متحركة وفى سلسلة المنشار. الشحوم القابلة للتحلل البيولوجى لتزليق الهيكل القاعدى للسيارة تم إنتاجها كذلك.

فى حالة التحلل البيولوجى يعتبر وجود الأكسجين عامل أساسى. كذلك فإن القدرة على التحلل البيولوجى تتناسب عكسياً مع درجة تشعب التسلسل فى البناء الهيدروكربونى. اعتبارات أخرى للبناء الجزيئى قد تكون هامة.

يصنع كلاً من البولى إيثيلين جليكول والبولى بروبيلين جليكول ببلمرة أكسيد الإيثيلين واكسيد البروبيلين على التوالي. وهذه تعرف بالبولى جليكول (Poly Glycols). هذه البلمرات هى عبارة عن إيثير أى كحولات (Ethers) وتحتوى على أكسجين فى بنائها ولذلك فإنها تستجيب للتحلل البيولوجى. المزلق المثالى القابل للتحلل البيولوجى سيكون ذلك الذى يوفر كل خصائص الكفاءة المطلوبة للمكافئ له من زيت التزليق المعدنى. وتلك تشمل السيولة وإمكانية الضخ عند درجات الحرارة المنخفضة، الثبات الحرارى، الثبات ضد الأكسدة، طاقة القدرة على التحميل، الحماية من التآكل والبلى، وعدم تلف الاستحلاب، وخاصية عدم الرغاوى والزبد، تحمل المياه، وإمكانية الترشيح. ولكن لسوء الحظ فإنه لا يوجد مزلق قابل للتحلل البيولوجى يحقق كل تلك المتطلبات والمتاح غير مكافئ للمزلقات ذات الأساس من الزيوت المعدنية التى تحتوى على الهيدروكربونات التى يمكن أن تتحمل ظروف طبيعية وكيميائية حادة.

الزيوت الهيدروليكية القابلة للتحلل البيولوجى المبنية على زيت بذور اللفت (Repseed Oil) لها حدود بالنسبة السيولة عند درجة الحرارة المنخفضة، الثبات الهيدروليكى، إمكانية إزالة الاستحلاب، والثبات ضد الأكسدة عند درجات الحرارة المرتفعة، هذا بالإضافة إلى أنها أكثر تكلفة مقارنة بالمكافئ لها من الزيوت المعدنية. الحدود التقنية للمزلقات السائلة القابلة للتحلل البيولوجى يمكن التغلب عليها جزئياً بضبط مكونات المنتج وصياغته. هذه عادة يعنى زيادة تركيزات الإضافات الكيماوية المصممة لتحسين الكفاءة. ولكن فإن هذا يمكن أن يكون له الآثار البينية الآتية:

(١)- ضعف التحلل البيولوجى للإضافات قد يؤدى إلى الخفض فى التحلل البيولوجى الكلى للمنتج.

(٢)- الطبيعة الخطرة لبعض تلك الإضافات قد يؤدى إلى زيادة التسمم البيئى. استخدام الإيسترات المخلقة بدلاً من الأيسترات (Esters) الطبيعية مثل زيت بذور اللفت يوفر كفاءة أفضل، ولكن الإضافات تكون لازالت مطلوبة، كذلك يلزم بعض التوافق بالنسبة لبعض القواعد. درجة التوافق للازمة تتوقف على طبيعة المنتج

ومساحة الاستخدام. بعض المنتجات مثل شحوم هيكــل قاعــدة الــسيارة ومزلقــات الطيران، يتم تجهيزها من بين الايسترات المخلقة لأسباب فنية. فى مثل هذه التطبيقات حيث يوجد تلوث واضح للبيئة، فإن التحلل البيولوجى للمزلقات يحقق فائدة هامة، حتى ولو كان المنتج مكلف مادياً.

الفصـــل الثـالث

تقسيم المزلقات

تقسيم المزلقات : (Classification of Lubricants)

يمكن تقسيم المزلقات كالآتى :

١- المزلقات الصلبة : مثل الصابون الحجرى، الجرافيت، تلك، الطباشير، الميكا، التيفلون، المولبدينوم داى سلفيد ..الخ.

٢- المزلقات شبه الصلبة : مثل الشحوم، الفازلين ..الخ.

٣- المزلقات السائلة :

أ- الزيوت الثابتة مثل زيت الزيتون، زيت النخيل، زيت الخروع..الخ.

ب - الزيوت الحيوانية مثل زيت الحوت، الخنزير، زيوت شحم الحيوان ..الخ.

جـ- الزيوت المعدنية مثل مشتقات البترول.

د- الزيوت المخلوطة أو الزيوت المركبة مثل الزيوت المعدنية مع مختلف الإضافات لتوفير الخواص المطلوبة.

هـ- الزيوت المخلقة مثل (Silicones , Fluolubes) ..الخ.

٤- المستحلبات :

أ - مستحلب الزيت فى الماء مثل مستحلبات القطع.

ب - مستحلب الماء فى الزيت مثل سوائل التبريد.

١- المزلقات الصلبة :

تستخدم المزلقات الصلبة فى الحالات الآتية :

١- المعدات الثقيلة التى تعمل فى الخامات حيث الأحمال العالية جداً والسرعات البطيئة.

٢- حيث لا يمكن المحافظة على استمرار طبقة المزلق السائل أو شبه الصلبه أو أن وجودها غير مرغوب فيه كما فى حالة سكاكين عكس التيار للمحركات والمولدات الكهربية.

٣- حيث الأجزاء المطلوب تزليقها ليس من السهل الوصول إليها.

٤- حيث درجات حرارة التشغيل المرتفعة والضغط العالى بما لا يمكن من استخدام المزلقات السائلة التى يسهل حرقها.

كثير من المزلقات الصلبة تحتوى على حبيبات أو جسيمات والتى يمكن أن تتلف الأجزاء الحساسة للمعدة. لذلك، فإنها تستخدم فقط فى حالات خاصة مثل تلك السابق ذكرها.

تقسيم المزلقات الصلبة :

المزلق الصلب هو المادة التى تعزل سطحين متحركين تحت ظروف حديه وتقلل من كمية البلى.

الأنواع المختلفة من المزلقات الصلبة يمكن أن تنقسم تقليديا إلى درجات مختلفة كالآتى :

١- المزلقات الإنشائية Structioral Lubricants

وهذه تشمل مواد مثل الجرافيت، سلفيد المولبدينوم، التلك، الميكا، مواد التربة الدودية (Vermiculite) .. الخ. حيث خصائصها فى التزليق ترجع إلى البناء الشبكى لطبقتها. هذه تعمل بالانقسام خلال نفسها وتتثبت على أو فى سطح التحميل.

٢- المزلقات الميكانيكية :

وهذه تشمل المعادن والبلاستك وتتصف بخاصية الفقد طواعية بالبلى (Sacrified Wear). وهى تكون طبقة ملتصقة مستمرة على أسطح الحك وتقلل من البلى للأسطح.

٣- الصابون : Soaps

ووظيفة الصابون هو العمل كمزلقات صلبة وكذلك تكوين مركبات فى سطح المعدن بالتفاعل بين الأحماض الدهنية والمعدن.

٤- المزلقات ذات النشاط الكيميائى :

وهذه تشمل إضافات الضغط الفائق وكيماويات أخرى والتى تتفاعل مع سطح المعدن لإنتاج طبقة تزليق. مثال، عوامل الأكسدة، الكلوريدات، أملاح الفوسفات (Phosphates).

٥- الحراريات ، السيراميك ، الزجاج :

وهذه تستخدم فى الأغراض العسكرية وفى صناعة الصواريخ. الجمع بين المواد الحرارية يعمل جيداً كمزلقات فى فترة قصيرة عند درجات الحرارة المرتفعة. وظيفة

الزجاج هى الليونة عند درجات حرارة التشغيل والمساعدة فى التزليق الهيدروديناميكى.

هذه التقسيمات رغم أنها اختيارية إلا أنها مفيدة.

نظرية عمل المزلقات :

عند التصاق سطحين متحركين، فإن المساحة الحقيقية للالتصاق (A) تكون أصغر كثيراً عن المساحة الظاهرية ويمكن تمثيلها كالآتى :

$$(1)\ A = \frac{W}{Pm}$$

حيث :

W = الحمل ، Pm = نقطة الخضوع

من التصاق المعدن – بمعدن آخر

$$(2)\ F = A\,Sm$$

حيث

Sm = قوة القص لوصلات المعدن، لذلك فإن

$$(3)\ \frac{F}{W} = f = \frac{ASm}{APm} = \frac{Sm}{Pm}$$

وهذا يبين أن معامل الاحتكاك (f) يتوقف على المساحة الحقيقية للالتصاق ويمكن خفضه بخفض قوة القص أو بزيادة نقطة الخضوع (Yield Point). يمكن تحقيق ذلك باستخدام مزلقات صلبة التى لها قوة قص منخفضة عند سطح المعدن والتى ترتبط بقوة على سطح المعدن.

فى حالة تغطية السطح بطبقة مزلق صلبه بحيث يقل كثيراً الالتصاق بين المعدنين عندئذ تكون المعادلة (٢) يمكن أن تتحدد كالآتى :

$$(4)\ F\,[aSm + (1+a)\,Sf]\,A$$

حيث :

a = نسبة المساحة الظاهرة إلى مساحة الالتصاق الحقيقية،

Sf = قوة القص للمزلق الصلب

$$f = \frac{F}{W} = \frac{aSm}{Pm} + \frac{(1-a)}{Pm}sf$$

من المعادلة (١) ، (٤)

مع التغطية المناسبة للأسطح بالمزلق الصلب فإن (a) تقترب من الصفر وهذا يعنى أن قوة الجذب تتحدد بقوة القص للمزلق الصلب وضغط الخضوع (Yield pressure).

المزلقات الصلبة المستخدمة عادة تشمل الجرافيت، سلفيد الموليدنيوم، التلك، الميكا، الطباشير الفرنسى، نيتريد البورون..الخ من بين تلك المزلقات الصلبة الأكثر استخداماً هى الجرافيت (فى الشكل الغروى – Colloidal Form)، سلفيد المولبدينوم (MoS_2)، كلاهما له بناء طبقى (Laminar). الجرافيت يتكون من شبكة من حلقات الكربون السداسية المنفصلة عن الطبقة العليا لوحدة بلورة الخلية بحوالى ٦,٧٩ وحدة أنجسترون. سلفيد الموليدينوم له بناء يشبه الساندويتش حيث تقع طبقة ذرات الموليدينوم بين طبقتين من ذرات الكبريت.

عند استخدام الجرافيت كمزلق بين سطحين غير مستويين، فإنه يقوم بملئ الوديان على السطح، وبذا يجعل السطح أكثر استواءً، يلى ذلك انزلاق الجسيمات فوق بعضها البعض مع حركة أسطح المعدن، بالإضافة إلى أن ذرات الكربون فى الجرافيت تكون منظمة فى سداسيات منتظمة فى طبقات مستوية متوافرة وكل ذرة تكون متصلة برباط التكافؤ الإسهامى (Covalent Bonds) مع ثلاث ذرات ولكن مسافتها من الرابعة تكون أكثر من الضعف – لذلك هذا الرباط الرابع للتكافؤ لا يكون ثابتاً ولكنه يتحرك ولذلك فإنه لا يوجد رباط قوى بين مختلف الطبقات وهذا هو السبب فى ليونة وخاصية التزلق للجرافيت.

سلفيد الموليدنيوم له جاذبية نوعية أعلا من الجرافيت ولكنه أكثر ليونة إلى حد ما. كلا هاتين المادتين يمكن استخدامها كمسحوق جاف، أو فى شكل إيرسولات من أوعية الفريون المضغوط، أو كعجينة، شحوم أو سائل مشتت. تشتت الجرافيت يسمى الجرافيت الغراونى (Aquadag) وفى الزيت يسمى (Oil Dag) الجرافيت الزيتى. مستحضرات (MoS_2) متاحة تجارياً فى شكل المستحضر الزيتى (Oil Dag) والمسمى (Molykotes) حيث وجد أنه مفيد فى محركات الاحتراق الداخلى لأنه يكون طبقة بين

الأسطوانة وحلقات المكبس بما يوفر إحكام عدم التسرب لزيادة الضغط لخليط الهـواء - الوقود. كما وجد أن الجرافيت الغروى أنه مفيد عملياً فى الحالات عنـدما يكـون المطلوب المزلق الخالى من الزيت. فقد استخدم فى ضواغط الهواء، وفـى عمليـات المخارط، والمعدات المستخدمة فى الصناعات الغذائيـة. الجرافيـت، (MoS_2) لهـم استخدام آخر كبعض أنواع الشحومات.

الجرافيت وداى سلفيد الموليدنيوم من المزلقات الهامة عند درجات الحرارة العالية وعند الضغط العالى جداً، حيث أن معامل الاحتكاك لتلك المواد يكون منخفضاً طالمـا أنه لم يتم الوصول إلى درجات الحرارة اللازمة للتحلل. المحمل اللازيتى والذى يحمل مزلقات زيتية ذاتية (Oil-Less Beanings) يتم تحضيره بتلبيد (Sintering) المعـدن حيث يستخدم فى هذا الجرافيت أو داى سلفيد الموليدنيوم لملـئ المـسام أو لتـشريب الجوانات البلاستيك.

الطبقة الصلبة لتزليق الـسطح المفيـدة فـى مركبـات الفـضاء تـصنع مـن (7% Graphite + $70\%MoS_2$) ملتصقين بواسطة ٢٣% من السليكات (Silicates)، وهذه الطبقة يمكن أن تتحمل درجات الحرارة المرتفعة جداً، الـضغوط المنخفـضة، الإشعاعات النووية.

التيفلون له معامل احتكاك منخفض جداً واستخدم كمادة تزليق فى البيريسكوبات، خرطوشات النحاس الأصفر (Brass)، ترس طلبمات الجازولين، محابس الأكـسجين، والآليات تحت الماء.

المعادن نفسها تعمل كمواد تزليق فى حالة انصهارها أثنـاء الإنـزلاق، سـبائك التحميل المصنوعة من المعادن ذات درجة حرارة الانصهار المنخفضة مثل القصدير والرصاص، استخدمت كثيراً. قريباً الطبقات الرقيقة من الإنـديام (Indium) حيـث حرارة انصهاره 155°م استخدمت لتزليق كراسى التحميل من الصلب، والتى تخفـض معامل الاحتكاك من ٠,٨ (على السطح النظيف) إلى ٠,٠٥ (على الـسطح المغطـى بالانديام).

٢- المزلقات شبه الصلبة :

أهم المزلقات شبه الصلبة هى الشحوم والفازلينات :

شحوم التزليق تستخدم فى الحالات الآتية :

(١) عند عمل الماكينة بسرعات بطيئة وضغوط مرتفعة.

(٢) فى حالات الدفق والطرطشة الغير متعمد للزيت من كراسى التحميل يشكل خطورة للمنتج الجارى تصنيعه كما فى حالة ماكينات النسيج، صناعة الورق والمنتجات الغذائية..الخ. تعتبر الشحومات مثالية فى مثل هذه الحالات نظراً لأنه لا يحدث منها طرطشة حيث يتم التصميم لتظل فى مكانها.

(٣) فى الحالات حيث يصعب استمرار الزيت فى مكانه بسبب ضعف العزل أو التشغيل المتقطع.

(٤) فى الحالات حيث كراسي التحميل يلزم عزلها ضد دخول الأتربة، والغبار، الماء، الرمال.

شحم التزليق يعرف عموماً بأنه مجموع شبه الصلب والصلب من منتج البترول والصابون أو خليط من الصابون، مع مادة ملئ أو بدونها، والمناسب لأنواع معينة من التزليق. الشحوم هى أساساً مادة غروانية جيلاتينية التى فيها الخيوط الدقيقة أو عناصر البناء هى الصابون المعدنى، والسائل المحتجز هو زيت التزليق.

الشحومات يتم تحضيرها بنشر عامل التحول إلى الهلام (Gelling Agent) فى زيت التزليق والذى عادة ما يكون من مشتقات البترول، ولكن فى حالة الشحوم الخاصة، تستخدم زيوت مصنعة مثل (Flouro cabons, Siloxanes, Aliphatic Esters) عامل التحول إلى الهلام المستخدم عادة هى أنواع الصابون K, Mg, Pb, Ba, Al, Li, Na, Ca وكذلك الأحماض الدهنية مثل (StearicAcid, OleicAcid) أحماض Carboxylic التى يتم الحصول عليها من الشحم الحيوانى،..الخ.

الدور الرئيسى للصابون فى الشحم(١) فهو يعمل لزيادة الكثافة(٢) يمكن الشحم من الالتصاق جيد أعلى سطح المعدن (٣) طبيعة الصابون تحدد درجة الحرارة التى

عندها يمكن استخدام الشحم، قوامه، المقاومة للماء، المقاومة للأكسدة، المقاومة ضد الكسر مع الاستخدام المستمر وقدرته على المكوث فى المكان.

خواص الشحم تتوقف على طبيعة وكمية عامل زيادة الكثافة (Thickner) المستخدم، الإضافات المستخدمة (فى حالة وجودها)، وخواص زيت الأساس والطريقة التى يتم بها تحضير الشحم.

معظم الشحوم العادية تصنع بعوامل زيادة الكثافة من الصابون. المحتوى من الصابون يكون عموماً ما بين ٧ إلى ١٨% ولكن فى حالات خاصة يمكن أن يرتفع ليصل إلى ٥٠% أو يقل ليصل إلى ٣%. عوامل التكثيف الغير صابونية مثل أسود الكربون (Carbon Black)، المواد الأسفلتية، والبونتنيت المعالج بمركبات الأومنيوم الرباعية..الخ. استخدمت كذلك فى صناعة الشحوم. مصطلح الشحوم (Grease) استخدم كذلك للمزلقات الشبه صلبة التى تم تحضيرها من الجرافيت، الطباشير، التالك، الميكا بالخليط مع الزيوت المعدنية، وكذلك مع بعض الإضافات من الدهون، الشموع والمخلفات البترولية.

بعض الاعتبارات الهامة حول استخدام الشحوم هى كالآتى :

(١) الشحوم تبدى معاملات احتكاك أعلا من الزيوت بسبب زيادة كمية الشغل اللازمة فى قص طبقة التزليق. لذلك، كلما أمكن، فإنه يفضل استخدام الزيت بدلاً من الشحوم، لتجنب ما سبق ذكره.

(٢) الشحوم لا يمكن أن تشتت الحرارة بطريقة مؤثرة من كراسى التحميل نتيجة لذلك فإن شحوم التزليق لكراسى التحميل للشغل تكون عند درجات حرارة مرتفعة مقارنة فى حالة استخدام زيوت التزليق.

(٣) الشحوم مع التخزين تميل إلى الانفصال إلى الزيت والصابون.

(٤) مع الاستخدام الثابت، فإن الزيت فى الشحم يتطاير.

(٥) الشحوم لا تحتاج عناية كثيرة مثل الزيوت ولذلك فإنها أكثر مناسبة للاستخدام.

(٦) الشحوم قادرة على أحمال أكبر عند سرعة منخفضة بسبب مقاومتها العالية للقص.

الشحوم من الصابون – الزيت ذات الأساس من الصابون الصوديومى أو الكالسيومى هى المستخدمة عادة. هذه الشحوم تصنع عموماً بعملية التصبين (Saponification) لمحلول زيت دهنى فى زيت معدنى مع إيدروكسيد الصوديوم (Na

(OH أو إيدروكسيد الكالسيوم $(Ca\ (H)_2)$ ثم التقليب مع الزيت الطافى للوصول إلـــى القوام المطلوب. الشحوم المغلية (Boiled Greases) يتم تحضيرها بالصابون المنـــتج بتسخين الزيت الدهنى مع القلوى وخلـــط الـــصابون المنـــتج مـــع زيـــت المحـــاور (spindle Oil – وهو زيت معدنى قليل اللزوجة) أو مع زيت تزليق كثيف له اللزوجة الصحيحة المناسبة لاستخدام معين.

الشحوم ذات الصابون الكلسيومى :

Limero Calcuim- Soap- Base Greases

وهذه تعرف بشحوم الأكواب ذات القوام الجامد (Cup Greases)، وهى الأكثـــر استخداماً والأرخص سعرا، لها مقاومة جيدة للإزاحة بالماء ومناسبة لتزليق طلمبـــات المياه، الجرارات، حصيرة الجـــر المجنـــزرة (Caterpiller Treads)..الـــخ. يمكـــن تحضيرها فى مجال كبير من القوام، من العجينة اللينة إلى الجامدة، الجامدة الناعمـــة بتغيير كمية صابون الجير من ١٠ إلى ٣٠%، ولكن هذه الشحوم لا يمكن اســـتخدامها عند درجة حرارة أعلا من 65°م ذلك لأنها تتلف وتفقد الماء. شـــحوم الأكـــواب يـــتم تحضيرها من الدهون، زيت التزليق، الجير المطلفى $Ca\ (OH)_2$.

الشحوم ذات الصابون الصوديومى : Sodium - Soap Greases

هذه الشحوم لها خواص جيدة عند درجات الحرارة المرتفعة حيث يمكنها الإمساك بالماء بقوة بسبب ارتفاع درجة حرارة انصارها وبنائهـــا الـــشعيرى ولـــذلك يمكـــن استخدامها حتى 175°م. ولكن، نظراً لأن صابون الصوديوم يذوب فى الماء، فإن هذه الشحوم ليست مناسبة لكراسى التحميل المعرضة للظروف الرطبة.

الشحوم ذات الصابون الليثيومى :: Lithium - Soap Greases

هذه الشحوم تجمع بين مميزات الشحوم ذات الأساس الكلسيومى وذات الأســـاس الصوديومى، بمعنى خواص جيدة عند درجة الحرارة العالية، الخواص الجيدة لمقاومة الماء. لذلك فأنها شحوم ممتازة ومتعددة الأغراض ولها مجالات كثيرة للاستخدام. فلها ثبات ميانيكى عالى، أكسدة منخفضة والثبات عند التخزين. ولها درجة حرارة انصهار مرتفعة (حوالى 150°م). التحضير الجيد للمزلقات ذات الأساس مـــن الليثيـــوم لهـــا

استخدام فى مجال الطائرات حيث يمكن أن تكون درجة الحرارة منخفضة حتى -55°م عند الارتفاعات العالية والمزلق المستخدم يجب أن يوفر مهمة التحكم فى مثل هذه الحالات. بسبب أسعارها المرتفعة فإنها تستخدم فى تطبيقات خاصة فقط.

الشحوم ذات الأساس من الباريوم : (Barium Base Greases)

وهذه تتصف بالمقاومة الفائقة للإزالة من كراسى التحميل بالماء، والالتصاق الجيد، درجة حرارة الانصهار المرتفعة والمحافظة على القوام أثناء الخدمة. وهى تستخدم على نطاق واسع كمزلق متعدد الأعراض لمعدات الحقول وللسيارات، ولعديد من الاستخدامات الصناعية.

شحوم صابون القلفونية : (Rosin Soap Grease)

شحم صابون القلفونية يتم تحضيره من زيت القلفونية الذى يحتوى على العديد من أحماض التصبين مثل حامض (Abietic). يتم إذابة زيت القلفونية فى زيت التزليق ثم يترك للتفاعل عند 58°م مع ردغه من الجير المطفى $Ca\ (OH)_2$، الزيت المستحلب والماء يسمى قضيب الغرس (Sett). الشحم المنتج يعرف بالشحم الثابت على البارد (Cold Set Grease). وهو يستخدم أساساً كشحم المحور (Axle Grease) لشاحنات الحقول والماكينات ذات السرعة البطيئة. وهذه أرخص أنواع الشحوم. بهدف منع الشحوم من أن تضغط إلى الخارج تحت الأحمال الثقيلة، فإنه يتم إضافة مواد ملئ مثل التلك، الميكا إلى تلك الشحوم الثابتة (Set Greases). تستخدم شحوم القلفونية كذلك على أى كراسى تحميل ثقيلة، بطيئة الحركة كشحوم التروس ولتزليق المنحنيات فى مسارات القضبان الحديدية فى الشوارع.

الشحوم المطبوخة باللهب يتم تحضيرها بطرد الماء عند حوالى ٢60°م من الصابون الصوديومى للزيت الحيوانى ولزيت الحوت أو لزيت القلفونية المخلوط مع زيوت أسطوانات المحركات اللزجة (cylinder Oil)، زيوت المعدنية قليلة اللزوجة لعامود الدوران الرفيع (Spindle Oil). ولها درجة حرارة انصهار جيدة وبناء شعيرى. الشحوم الأسفنجية – الشعرية يتم تقليبها لإزالة المواد المتطايرة (Valatiles) بينما الشحوم على شكل قوالب "Block" يتم تحضيرها بنفس الطريقة ولكن بدون تقليب. شحم القالب له درجة حرارة انصهار حتى 540°م وتستخدم لتزليق كراسى التحميل الثقيلة جداً، الشحوم الباردة "Cold" يتم تحضيرها عند درجات حرارة

منخفضة نسبياً، وذلك بمعادلة الأحماض الدهنية من زيت السمك أو من الزيت النباتى وخلط الصابون الذى يتم إنتاجه مع زيت قليل اللزوجة (Spindle Oil). الشحوم ذات الأساس من الكالسيوم المصنعة بهذه الطريقة من زيت القلفونية (Rosin Oil) تسمى الشحوم الثابتة (Set Grease).

الشحوم الغير صابونية يتم تحضيرها عادة من مواد زيادة الكثافة الغير صابونية مثل أسود الكربون، السيليكا جيل، الطفلة المطورة، الصبغات العضوية..الخ. كثيراً منهم مناسب للتطبيقات عند درجات الحرارة المرتفعة. خواص الشحوم الصابونية التى تم وصفها يمكن تطويرها بإدخال الإضافات مثل أنواع صابون أخرى لإنتاج أساس من الصابون المخلوط، أحماض دهنية خاصة، عوامل التثبيت، زيادة الكثافة بالمواد الغير عضوية، والمزلقات الصلبة لزيادة مجال الاستفادة منها. فمثلاً، مادة فثاليت النحاس تقلل الاستعداد للأكسدة للشحوم وتساعد على المحافظة على قوامها حتى 150°م، كما تستخدم السيليكا جيل، الطفل المطور، أسود الأسيتلين كمواد تغليظ وزيادة الكثافة (Thickners).

شحوم السيليكون المصنعة من زيوت التزليق المخلقة (Synthetic) لها مؤشر لزوجة عالى، مقاومة للأكسدة، ومقاومة للماء. الشحوم المصنعة من (Fluorinated Deisters) لها ثبات جيد عند درجات الحرارة المرتفعة.

<u>لاختيار الشحوم للاستخدام العملي يتم عمل الاختبارات الآتية وهي : القوام، الاختراق، نقطة السقوط، الرماد، رقم ثبات الماء والتعادل.</u>

١- اختبار القوام والتماسك : (Consistency Test)

التماسك أو قيمة الخضوع (Yield Value) يعرف بأنه المسافة بعشر المليمترات التى يخترقها القمع القياسى عمودياً فى العينة تحت الظروف القياسية للحمل، درجة الحرارة والوقت. القيم القياسية للاختبار هى كالآتى :

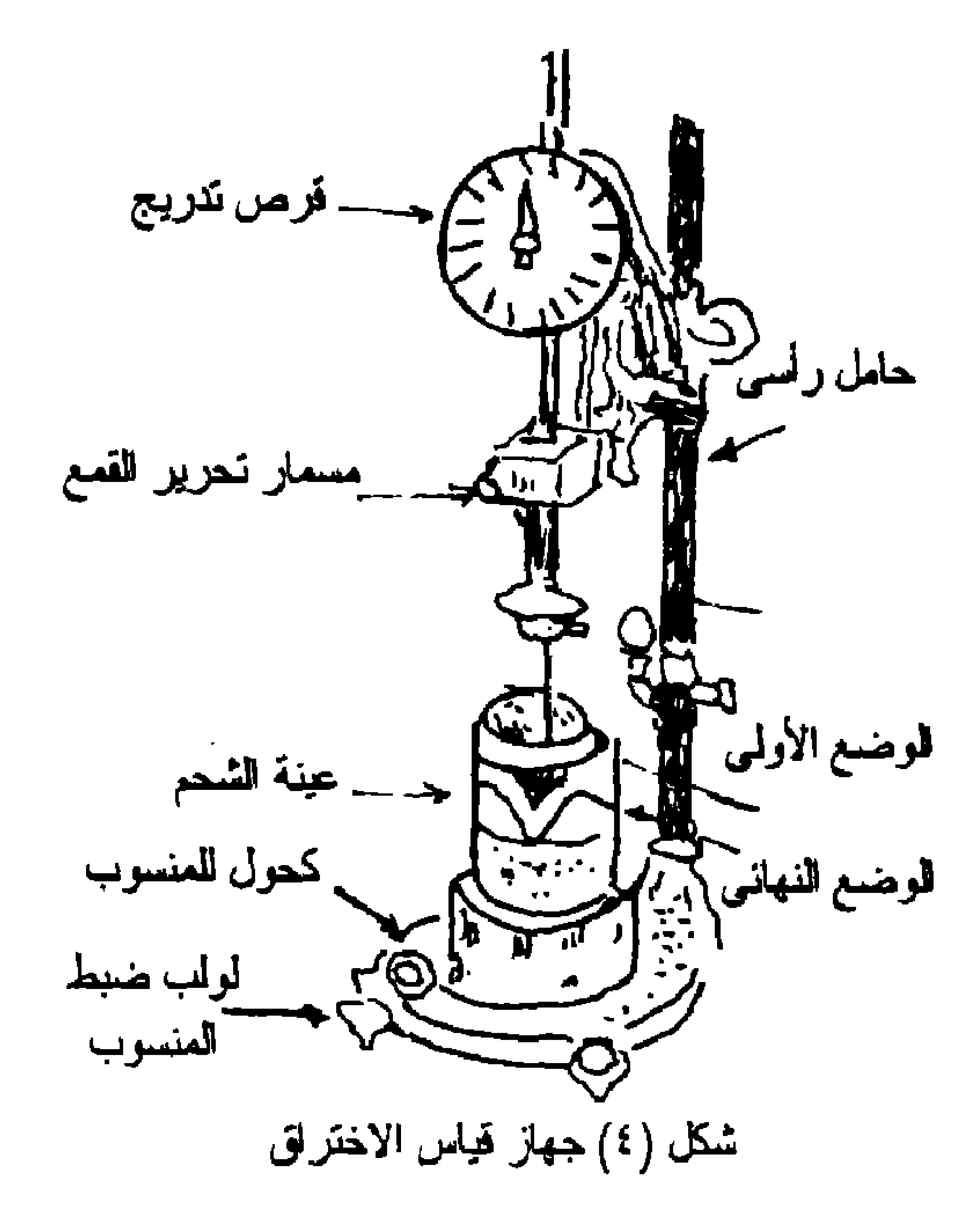
الحمل - ١٥٠ كجرام.

درجة الحرارة - 25°م.

الوقت - ٥ ثوان

قوام الشحم خاصية ذات أهمية كبيرة من وجهة النظر العملية ويتوقف على بناء وخواص عامل الهلام (Gelling Agent) وعلى الزيت (مثل: اللزوجة، المستخدم فى

تحضير الشحم، الجهاز المستخدم لتعيين القـوام للـشحم يـسمى مقيـاس الاختـراق (Penetrometer) شكل ٤.



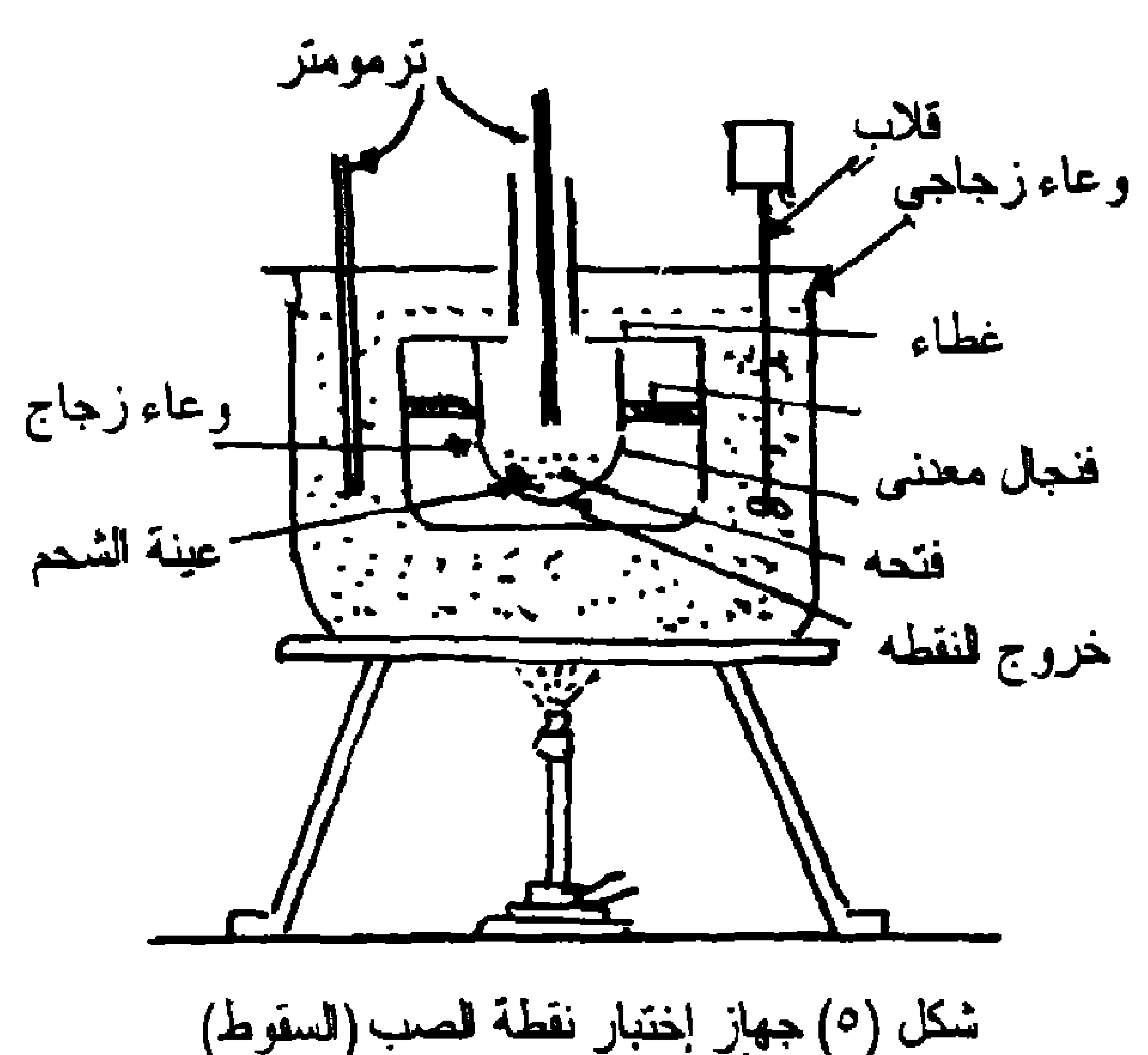
شكل (٤) جهاز قياس الاختراق

ويتكون من قاعدة ثقيلة مصنوعة من سبيكة الحديد الزهر ومجهزة بمسمار ملولب لضبط الاستواء، وميزان تسوية كحولى (Spirit Level)، لوحة مسح مـستوية (Plain Table) للمحافظة على الصندوق المحتوى على الشحم الجارى اختباره. يـتم تثبيـت القاعدة بقضيب من الحديد يسمى الحامل الرأسى (Vertical Support) المزود بماسك متحرك ولولب الذى بمساعدته يمكن تثبيت القاعدة عند أى العلامـات المثقبـة فـى القضيب . الماسك مزود بتدريج مستدير (قطره ١ كم) ومدرج بـالملميترات . يوجـد قضيب متحرك للعداد خلف العداد، وهذا القضيب مزود بتجهيـزة تعـشيق التـروس (Clutch) الذى يمكن من توصيله أو فصله من العـداد المـستدير. القمـع القياسـى (١٥٠جرام) يثبت عند الطرف السفلى لقضيب العداد المتحرك. مرآة الضبط المتصلة بالحامل الرأسى تساعد فى الوضع المناسب للقمع قبل التجربة بدون خطأ فى الزيـوغ البصرى. للبدء بالاختبار يتم تسوية الجهاز باستخدام لولب ضبط الاسـتواء وميـزان التسوية الكحولى. تتم النظافة الجيدة للقمع القياسى، يتم وضع الصندوق المحتوى على عينة الشحم أسفل القمع على اللوحة على القاعدة. بمساعدة المرآة، يتم ضـبط القمـع بحيث يكون طرف القمع يلمس فقط عينة الشحم. يتم تسجيل القراءة الأولية على العداد

ثم يتم تحرر القمع لمدة خمسة ثوان فقط تماماً وذلك بضغط الزر. بعد خمسة ثوان تماماً التى يتم قياسها بالساعة الميقانيه، يتم تحرير الزر وأخذ القراءة النهائية على العداد. الفرق بين القراءة الأولية والنهائية يتم تسجيلها كقيمة الخضوع (Yield Value).

٢- اختبار نقطة السقوط : (Drop Point Test)

تعرف نقطة السقوط بانها بدرجة الحرارة التى عندها تمر الشحوم من الحالة شبه الصلبة إلى الحالة الصلبة. وهذا يحدد الحد الأعلى لدرجة الحرارة التى يصل إليها يمكن أن تصبح الشحوم مزلقات مناسبة. الجهاز المستخدم لتعيين نقطة السقوط موضح فى الشكل (٥).



شكل (٥) جهاز إختبار نقطة الصب (السقوط)

يتم وضع عينة الشحوم فى فنجال معدنى به فتحة فى القاع ذات أبعاد قياسية. الفنجال يكون مثبت فى حافظة زجاجية ذات غطاء مثلث بإحكام. يتم غرس ترموميتر فى الفنجال بالطريقة حيث تكون بصيلة الترمومتر مجرد فوق سطح عينة الشحم تحت الاختبار. التجهيز الكلى يتم عندئذ تعليقه ووضعه فى قدر زجاجى به ماء، والذى يكون مجهزاً بترمومتر وتجهيزه تقليب. يتم تسخين القدر ببطئ كهربياً أو بواسطة موقد بمعدل 1°م كل دقيقة. مع ارتفاع درجة الحرارة فإن عينة الشحم تنصهر وعند درجة حرارة معينة فإن أول نقطة تخرج من فتحة الفنجال المعدنى وتسقط إلى أسفل. درجة الحرارة هذه تسجل كنقطة السقوط لعينة الشحم.

٣ـ المزلقات السائلة : (Liquid Lubricants)

أ- الزيت النباتى :

الزيوت النباتية تحتوى على (Glycerides) للأحماض الدهنية العالية. مع تحللها بالتسخين وليس التقطير فإنها تسمى الزيوت المثبتة (Fixed Oils). وتلك كانت المزلقات المستخدمة عادة حتى الثورة الصناعية وتنمية صناعة البترول. فى الواقع، فإن حدودها أصبحت واضحة فقط فى النصف الأخير من القرن ١٩، حيث يتم استبدالها بالمزلقات المعدنية بعد ذلك حتى فى عام ١٨٩٠، كانت المزلقات المستخدمة لمختلف المعدات كالآتى :

م	الغرض	الزيت المستخدم كمزلق
١	الماكينات العادية	زيت بذور اللفت، الزيوت المعدنية المتوسطة، زيت الشحم الحيوانى.
٢	أسطوانات البخار	زيوت معدنية ثقيلة، زيوت بذور اللفت، شحم الحيوان، شحم الخنزير،...الخ.
٣	الساعات	زيوت معدنية خفيفة، زيت الزيتون، زيت العنبر المنقى والمستخرج من الحوت، زيت الحوافر (Neast foot Oil)
٤	للضغط العالى والسرعة البطيئة	زيت شحم الحيوان، زيت شحم الخنزير، زيت النخيل، الشحوم...الخ.
٥	للضغط العالى والسرعات العالية	زيت عنبر الحوت، زيت بذور اللفت، زيت الخروع، زيوت معدنية متوسطة.
٦	للضغوط الخفيفة والسرعات العالية	زيت عنبر الحوت، زيت البترول المنقى، زيت بذور القطن، زيوت بذور اللفت، الخروع، والزيوت المعدنية.

كما كان مقرراً فى التوصيات السابقة أن الزيت المعدنى يتم استخدامه مع تلك الزيوت كلما أمكن ذلك، وخاصة فى علبة أسطوانات البخار، لأن الزيوت الدهنية يمكن أن تتحلل عند درجة الحرارة المرتفعة منتجة أحماض دهنية التى تكون عدوانية وتتلف

النحاس والحديد..الخ، مكونة الصابون المعدنى الذى يسبب التلف للوصلات. أهمية المزلقات الحدية لم تكن مقدرة فى ذلك الوقت. التكلفة النسبية كانت العامل الهام الذى تسبب فى استبدال الزيوت النباتية والحيوانية بالزيوت المعدنية فيما بعد.

الزيوت المثبتة (Fixed Oils) لها خاصية التزييت "Oliness" ذلك لأنها تمتز على سطح المعدن بتماسك وتشبث (Tenaciously) وتوفر معامل احتكاك منخفض وطاقة تحميل عالية مقارنة بالزيوت البترولية (المعدنية). لذلك، فإنها عادة تضاف إلى الزيوت المعدنية لتحسين خاصية التزييت للأخير ومثل هذا الخليط يسمى الزيوت المخلوطة (Blended Oils). الزيوت المثبتة تستخدم كذلك فى تحضير الشحوم والمستحلبات المستخدمة فى عمليات القطع (Cutting Emulsions). الزيوت المثبتة لا تتحلل بالحرارة أو التقطير. الزيوت المثبتة أكثر تكلفة بالإضافة إلى ندرتها. وهى تتحلل فى وجود الماء ولها استعداد كبير للأكسدة والتحلل عند درجات الحرارة العالية مكونة منتجات حامضية وصمغية والتى تسبب التلف للأجزاء المعدنية. بسبب كل ما سبق فأنها لا تستخدم حالياً كما هى ولكن بالخلط مع الزيوت المعدنية للحصول على الخواص المطلوبة مثل خاصية التزييت.

الزيوت النباتية مثل زيت بذرة القطن، زيت الخروع، زيت بذر اللفت يتم تحضيرها بطحن البذور وعصرها. وإن كانت تستخلص بالطرق البدائية للعصر مثل التى تعمل يدوياً أو باستخدام الحيوانات، ولكن فى نهاية القرن الثامن عشر فإن المكابس الهيدروليكية صارت البديل لطاقة الرياح والماء فى تشغيل معدات العصر تلك. حالياً، أصبح المعتاد هو استخدام العصارات (Expellers) التى تعمل بالضغط العالى أو العصارات التى تعمل بالضغط المنخفض حيث يلى ذلك الاستخلاص باستخدام المذيب. عملية الاستخلاص بالمذيب تتكون من غسيل البذور المضغوطة فى مادة بترولية لاستخلاص الزيت المتبقى ثم التقطير لاستعادة الزيت والمادة البترولية. الاستخلاص بالمذيب أكثر تكلفة عن عملية العصر بالضغط العالى ولكن استعادة الزيت تكون مرتفعة.

بعض الزيوت النباتية الهامة المستخدمة كمزلقات هى كالآتى :

(أ) زيت الزيتون (أو الزيت الحلو) : يستخرج زيت الزيتون بعصر ثمار الزيتون أو باستخلاص الثمار بواسطة (CS_2). الزيت لونه أخضر يميل إلى الأصفر وله جاذبية

نوعية ٠,٩١٤ إلى ٠,٩١٩. وهو مادة تزليق جيدة لأجزاء المعدة التي تعمل عند ضغوط منخفضة وسرعات عالية، وهو مكلف، ويميل إلى التحلل مع التخزين ويتغلظ وينعقد عند صفر درجة مئوية.

(ب) زيت الخروع : ينتج بعصر البذور لونه أصفر يميل إلى البنى له جاذبية نوعية من ٠,٩٥ إلى ٠,٩٧٤، به محتوى عالى من حامض (Ricinoleic)، وله لزوجة عالية، ومعامل احتكاك منخفض ويذوب في الكحول ولا يذوب فى البترول، يستخدم فى صناعة الدواء، الطباعة والبلاستيك. وهو مزلق جيد لكراسى التحميل والمعدات التى تعمل عند ضغط منخفض وسرعات عالية. استخدم فى الماضى فى عربات السباق وفى محركات الطيران من النوع الدوار فى العقود السابقة، سلبياته الرئيسية هى أنه عند الاستخدام فى المحركات الثقيلة فإنه يتأكسد إلى مواد صمغية وحامضية.

(جـ) زيت بذور اللفت : هذا أكثر الزيوت الدهنية استخداماً فى صناعة زيت التزليق، وذلك بعد أن كان زيت للوقود. وهو مزلق جيد للمعدات العادية، وللمعدات التى تعمل عند سرعات عالية وضغط عالى وكذلك لاسطوانات البخار، ويستخدم للخلط مع الزيوت المعدنية. عند التغليظ بنفخ الهواء فإنه يمكن استخدامه لزيادة لزوجة الزيوت الأخرى.

زيت النخيل وزيت نوى النخيل : زيت النخيل ينتج بغلى وهرس ثمار شجر النخيل، بينما زيت النوى يتم الحصول عليه بطحن النوى. الكثافة النوعية لزيت النخيل هى ٠,٩٢١ إلى ٠,٩٢٥ والكثافة النوعية لزيت النوى هى ٠,٩٣، تلك الزيوت تستخدم فى تزليق الأجهزة الدقيقة مثل الساعات والأجهزة والمعدات العلمية المعملية.

زيت بذرة القطن : يتم استخلاص الزيت بعصر البذور مع فصل شعيرات القطن وهو يستخدم كزيت طعام. يمكن زيادة لزوجته بنفخ الهواء حيث يمكن استخدامه كمكثف لزيادة كثافة زيوت التزليق، له جاذبية نوعية ما بين ٠,٩١٣ إلى ٠,٩٣٠.

ب- زيوت الدهون الحيوانية : يتم استخلاص الدهون الحيوانية والزيوت من الدهن الخام بعملية تسمى (Rendering)، حيث يتم فى هذه العملية تدمير الأنسجة الحاوية بالمعالجة بالبخار أو بالأداء المشترك لكل من البخار والماء.

أ- دهن الخنزير وزيت دهن الخنزير :

دهن الخنزير يتم استخلاصه بتدمير الأنسجة والمعالجة بالبخار. دهن الخنزير هو دهن غير غذائى ومحتواه منخفض من الأحماض الدهنية الحرة وأحياناً يباع كشحوم والتى تصنف كشحوم بيضاء أو صفراء، وذلك طبقاً للجزء من جسم الحيوان التى أخذت منه. عند تبلر الدهن عند درجة حرارة محكمة بحرص، فإن استيارين (Stearine) الدهن يتبلر ويعزل حيث يمكن عندئذ استخلاص زيت دهن الخنزير بالضغط. زيت دهن الخنزير عادة يستخدم كزيت قطع ولتزليق أجزاء الماكينات العادية، له جاذبية نوعية ٠,٩١٥ واللزوجة عند 38°م هى ٢٠٦ ثانية درجة تجمد الزيت هى 27°م.

ب- دهن الماشية وزيت دهن الماشية :

دهن الماشية يتم استخلاصه بمعالجة الدهن بالبخار لتكسير الأنسجة، وقد استخدم هذا الدهن فى الماضى كمزلق للأسطوانات فى محركات البخار ذات السرعة البطيئة. زيت دهن الماشية يتم الحصول عليه بالتسخين حتى درجة السيولة ثم المكوث عند 26°م إلى 32°م. الاستيارين الذى تم فصله يستخدم فى صناعة الشموع، زيت دهن الماشية له كثافة نوعية ٠,٩٤ ولزوجية عند 38°م هى ٢٣٠ ثانية. يمكن استخدامه كمزلق كما هو أو بالخلط مع الزيوت المعدنية.

جـ زيت الحوافر :

زيت الحوافر يتم الحصول عليه من الماشية والأغنام بعد ذبحها وذلك باستخلاصه فى مراجل التسخين بالبخار وكشط الدهون، ويتم تعريض الدهن إلى الحرارة التى تمكن من تبلر الاستيارين وفصله من الزيت بالضغط. يتم تصنيف الزيت طبقاً لنقطة التكرر أو التغيم (Cloud Point) والتى تعتمد على درجة تصنيع الزيت. لونه أصفر شاحب وله جاذبية نوعية ٠,٩١٦ ولزوجة عند 38°م هى ٢١٥ ثانية يستخدم فى تهذيب الجلود وكمزلق للأجهزة مثل الساعات وماكينات الخياطة.

د- زيوت السمك (Fish Oils) :

(١) زيت العنبر (Sperm Oil) :

زيت العنبر هو أخف الزيوت الدهنية وله جاذبية نوعية من ٠,٨٨ إلى ٠,٨٨٤ المصدر الرئيسى لهذا الزيت هو محتويات تجويف أنف حوت بحر الشمال. يتم غلى هذه المحتويات أو فجوات الرأس فى بعض أنواع الحيتان وعند التبريد فإنه يرسب شمع العنبر الذى يمكن

استخلاصه بالتبريد والترشيح بالضغط. زيت العنبر لونه أصفر شاحب وله استعداد ليصبح صمغى ولكن ليس عدوانياً، وهو (Glyceride) أى إيستر جلسرين مثل باقى الزيوت النباتية والحيوانية ولكن من بين مكوناته الشمع. زيت العنبر يعتبر زيت معدنى قليل اللزوجة (Spindle Oil) جيد ومناسب للماكينات الخفيفة.

(٢) زيت عجل البحر : (Seal Oil)

عجل البحر يتم صيده لجلده وزيوته. يتم استخلاص الزيت من نفس الأجزاء كما فى حالة زيت الحوت. الجاذبية النوعية ٠,٩٢٤ إلى ٠,٩٣٣ واللون يتراوح من لوش القش الأصفر إلى البنى وله رائحة الأسماك.

هـ- تكرير الزيوت الدهنية :

الزيوت النباتية والحيوانية يلزم معالجتها قبل الاستخدام. يتم تبريد الزيت حتى انفصال الإيسيتارين. ثم يتم ترشيح الزيت خلال كربون الفحم الحيوانى أو بالمعالجة بتراب القصار (Fuller's Earth) لإزالة اللون وتلميح الزيوت. يتم معادلة الأحماض الدهنية الحرة بإضافة كمية محسوبة من الصودا الكاوية.

التكرير الكيميائى يتكون بالمعالجة بحامض H_2SO_4 ثم إزالة المتبقى من الحامض بالغسيل. حامض الكبريتيك يزيل الملوثات العالقة بكربنتها وترويبها وترسيبها، ثم يتم أخيراً ترشيح الزيت.

ن- الزيوت المعدنية (Mineral Oils) :

الزيوت المعدنية يتم تحضيرها من الأجزاء الثقيلة التى يتم الحصول عليها من تقطير وتجزئة زيت البترول الخام عند الضغط الجوى. يتم التقطير بالتفريغ لتلك الأجزاء الثقيلة المتبقية (التفريغ لأقل من ٤٠ ملميتر) من برج الفقاعات ويتم جمع جزء زيت التزليق. باستخدام التقنيات الحديثة للتكرير يمكن إنتاج مجال كبير من زيوت لتزليق الجيدة من أى نوع من خام البترول ولكن يلزم درجة عالية من التكرير والتنقية، والذى يزيد من قيمة وسعر المنتج النهائى.

زيت التزليق الجيد يجب أن يكون له لزوجة جيدة نسبياً، مؤشر لزوجة عالى، ثبات جيد، نقطة صب منخفضة ومقاومة الأكسدة. عموماً الزيوت ذات الأساس من

شمع البارفين لها مؤشر لزوجة جيد، ولكنها تحتوى على شمع الـذى يرسب عند درجات الحرارة المنخفضة ويتداخل مع حرية تدفق الزيت. الزيوت ذات الأساس من النافتا (Naphthenic) تحتوى على الأسفلت والذى عند درجات الحرارة المرتفعة يميل إلى تكون الصمغ. المكونات الأروماتية (Aromatic) كذلك تعطى سريعاً منتجات متلفة غير مرغوبة والتى لها مؤشر لزوجة ضعيف.

الزيوت ذات الأساس الأسفلتى تعطى فقط أجزاء مقطرة من زيت التزليق (حيث الأسفلت يترك كمتبقى فى عملية التقطير) ولكن خام الأساس من البارافين يمكن أن يعطى زيوت تزليق من التقطير ومن المتبقى (الثقيل). ولكن معظم خامات البترول تكون من النوع المخلوط ويمكن أن تعطى مزلقات من التقطير ومن المتبقى. المقطرات من الخام ذو الأساس من النافتا يلزم معالجتة بالصودا الكاوية لإزالة أحماض (Naphthenic Acids) ثم إعادة تقطيرها.

العملية الرئيسية فى تنقية زيت التزليق (المناسب لمحركات السلندرات) هو لإزالة الشمع، المادة الأسفلتية والمكونات الأروماتية الشموع الصلبة تتبلر عند درجة الحرارة المنخفضة وتؤثر على خاصية السيولة لزيت التزليق فى الخدمة. الملوثات سهلة الأكسدة تسبب تكون ترسيبات أثناء حالات التشغيل.

الملوثات الأسفلتية والنفتية، والراتنيجية تتحلل عند درجات الحرارة العالية بما يؤدى إلى ترسيب الكربون والرواسب الأخرى (sludges). لذلك فإن الملوثات يتم إزالتها بطرق التنقية الآتية :

(١) إزالة المواد الشمعية (Dewaxing).

فى الطرق التقليدية القديمة يتم التبريد يبطئ لزيت التزليق حيث يتبلر الشمع ويزال بعملية الترشيح بالضغط.

لإزالة الشمع الغير بللورى (Amorphous)، يتم تخفيف الزيت بضعف حجمه من النافتا (Naphtha) (النافتا مزيج بترولى درجة غليانه بين 90°م إلى 150°م) ثم التبريد أو التثليج. الشمع المرسب يتم فصله من محلول زيت النافتا بالطرد المركزى عالى السرعة، ويتم إزالة النافتا بالتقطير.

الطريقة الحديثة هى بخلط الزيت مع الحجم المناسب من مذيب مناسب (مثل البـــروبين، وخليط من البنزين والأسيتون، التراى كلورو إيثيلين، أو خليط من البنـــزين والإيثيلـــين داى كلواريد) وتثليج الخليط إلى درجة الحرارة المطلوبة عندما يرسب الشمع من الزيت. يتم فصل الزيت والشمع باستخدام المرشحات المستمرة أو أجهزة الطرد المركزى، يتم فصل الزيت من المذيب بالتقطير.

(٢) التنقية بالحامض :

زيت التزليق الذى قد تخلص من المادة الشمعية لا يزال محتوياً علـــى مكونـــات غيـــر مرغوبة النفتية (Naphthenic)، والأسفلتية، والتى يجب إزالتها لإنتاج زيت تزليـــق منجـــز ومعد.

يتم ذلك بالتقليب الجيد للزيت مع الكمية المطلوبة من حامض الكبريتيك المركـــز، والذى يعمل كمذيب لبعض المكونات ويتفاعل كيميائياً مع الأخرى ليكون رواسب من القار (Tarry Sludge). يتم فصل الزيت ومعادلته بالأمونيا أو بالـــصودا الكاويـــة أو بالالتصاق مع مادة تراب القصار (Fullers Earth) المطحونة عند ١٠٨ إلى 230°م. المعالجة الأخيرة تساعد كذلك فى إزالة لون الزيت وكذلك تثبيتـــه. الحمـــأة القاريـــة المرسبة يمكن أن تستخدم كوقود. الترشيح بالترسب خلال مادة تراب القـــصار هـــو الخطوة الأخيرة فى التنقية فى كثير من الحالات.

(٣) التنقية بالمذيب : (Solvent Refining)

فى هذه العملية يتم اختيار المذيب المناسب حيث تكون إذابتـــه للملوثـــات الغيـــر مرغوبة مثل المكونات النفتية والأسفلتية والراتنجية أكثر من إذابته للزيت. المـــذيبات الهامة المستخدمة اليوم تـــشمل (NitorBenzene, Chlorex, PP-Dichloro Diethyl- Ether, Phenol, Furfural) خلـــيط مـــن (Propane, C_6H_6, SO_2) الـــذى يـــذيب البارافينات ويقلل إذابة المكونات الغير مرغوبة به فى هذا الجزء) وخليط من الفينـــول والكريزول (الغير قابل للامتزاج مع محلول الزيت – البروبين يكـــون مـــذيب جيـــد للمكونات النفتية، الأسفلتية، الراتنجية) وهذا يستخدم كذلك.

الطريقة العامة للتنقية بالمذيب هى بالتصاق الزيت مع المذيب المناسب (والـــذى يكون غير قابل للامتزاج مع الزيت) وذلك فى عملية تدفق معاكس. قسم الزيت الـــذى

تتم استعادته يتكون من زيت تزليق مكرر محتوياً على معظم هيدروكربونات البارافينيه ومذيب قليل الذى يمكن فصله بالتقطير. قسم المذيب المحتوى على مختلف الملوثات المستخلصة من الزيت يتم تقطيره لاستعادة المذيب الذى يمكن إعادة استخدامه. الحماة المتبقية بعد التقطير يمكن استخدامها كوقود أو كمصدر للأسفلت، أو كمادة يتم خلطها من شحنة التكسير.

التنقية بالمذيب اقتصادية أكثر من المعالجة بالحامض. كذلك، فإن التنقية بالمذيب تمكن من إنتاجية مرتفعة من الزيت المنقى والذى يكون له متبقى قليل من الكربون ومؤشر لزوجة مرتفع. ولكن الزيوت التى يتم تنقيتها بالمذيب أقل بالنسبة لمقاومة الأكسدة وكذلك بالنسبة للتزييت (Oliness). وهى تميل إلى التغليظ عند الاستخدام مكونة طبقات من الرواسب التى تشبه اللك (Lacquers) على الأجزاء الساخنة من المحرك. المثبطات الطبيعية للأكسدة الموجودة فى أقسام زيت التزليق الخام يبدو أنه تم إزالتها تماماً فى عملية التنقية بالمذيب على غير ما يحدث فى عملية التنقية بالحامض. الميزة الهامة مع التنقية بالمذيب هى أنها تمكن من إنتاج زيت تزليق بسعر مناسيب من الزيوت الخام والذى لم يكن من الممكن أن يكون مصدراً للمزلقات عندما كانت عملية التنقية بالحامض هى المتاحة. الزيوت المعدنية استبدلت إلى حد كبير الزيوت النباتية والحيوانية ذلك لأن سعرها منخفض ومتاحة بكميات كبيرة، كما أنها تتصف بالثبات فى ظروف الخدمة ويمكن إعادة تنقيتها بعد الاستخدام. معرفة السلبيات للزيوت المعالجة بالمذيب التى تم ذكرها أدت إلى نجاح الأبحاث بالنسبة للمواد التى يمكن إضافتها بكميات صغيرة إلى تلك الزيوت لتحسين الخواص المطلوبة مثل التزييت، مقاومة الأكسدة، مقاومة التغليظ أثناء الاستخدام..الخ.

جـ-الزيوت المخلوطة أو المركبة : (Btended Drcompounded Oils)

الهدف الرئيسى من طرق التنقية التى تم ذكرها هو لتحسين الخواص المطلوبة لزيوت التزليق بإزالة المكونات الغير مرغوبة. فى السنين الأخيرة حدث تطور فى تحسين الزيوت النقية بإضافة كميات صغيرة من مختلف الإضافات. الزيوت التى تم تحضيرها بهذا الأسلوب عرفت بالزيوت المخلوطة أو الزيوت المركبة.

الغرض الرئيسى من نظم الإضافة المختلفة والمجال الكبير الكيماويات المستخدمة فى التصنيع لهذا الغرض موجزة فى الجدول التالى:

جدول الإضافات ووظيفتها.

م	الإضافة	الكيماويات المستخدمة	وظيفتها
١	٢	٣	٤
١	منظفات ومزيلات الرغبات وتفريقها Detergents and Deflocculants	أملاح الكالسيوم أو الباريوم القلوية للفوسفات أوالسلفونيت، بعض أملاح الفينول.	خفض أو منع الرواسب فى المحركات التىتعمل عند درجات الحرارة المرتفعة
٢	مواد مشتتة Dispersonts	البلمرات مثل : Nitrogen Containing Polymethy lcrylates, Alkyl Succinimides, الأمينات والآميدز ذات الوزن الجزيئى العالى	تمنع وتؤخر تكون رواسب الحمأه وترسيبها عند حالات درجة حرارة التشغيل المنخفضة.
٣	مضادات الأكسدة	الفينولات، الأمينات، السلفيدات العضوية، الفوسفيدات العضوية.. الخ.	تأخير أكسدة الزيوت، خفض تكون الراتنجات، الورنيشات، الأحماض، والبلمرات والرواسب.
٤	مثبطات التآكل	المركبات العضوية المعدنية، Zinc Dithiophosphates, Shlfurized Terpenes, Phosphorized Terpenes	
٥	مثبطات الصدأ	Amine Phosphates, Alkyl	حماية المعادن

		Succinic Acids, Fatty Acids, Sodium and Calcium Petroleum Sulphonates	الحديدية من الصدأ
٦	الإضافات المضادة للبلى	Zink Dialkyl Dithiophosphate. Tricr5esyl Phosphate, Alkyl Earth Phenolates	خفض البلى السريع فى الصلب، عند استخدام الصلب.
٧	إضافات الضغط الفائق	Sulfurized Fats, Chlorinated Hyrocarbons أملاح الرصاص للأحماض العضوية مركبات الفوسفور العضوية الصابون المعدنى مثل Lead Naphthenates	الادمصاص على سطح المعدن للتفاعل الكيميائى مع المعدن مكونه طبقة سطحية ذات قوة قص منخفضة والتى تمنع الانتزاع والتمزق ولحام المعادن.
٨	التزييت Oliness	الأحماض الدهنية، الدهون والأمينات الدهنية، الزيوت النباتية.	زيادة قوة طبقة الزيت ومنع تلف طبقة الزيت.
١٠	بلمرات التكثيف وتحسين مؤشر اللزوجة.	البلمرات ذات التسلسل الطويل مثل Polyisobulytene Polystyrene Or alkyl styrene polymers, long chain alkyl Acrylates, and polyesters, "Plexol", "Paratone" and "Exanol", وتلك المواد الأكثر استخداماً والمتاحة تجارياً.	تقليل معدل تغير اللزوجة مع الحرارة.
١١	مخفضات نقطة الصب	Waxalkylated naphthalene, waxalkylated phenols,	تقليل نقطة الصب للزيت.

		polymethacrylates, "para flow" and "Santapour" تلك هى المواد الموثقة والمتاحة تجارياً	
١٢	إضافات منع حدوث الرغاوى	بلمرات السيليكون، السوائل الغير مذابة فى الزيت مثل "Glycoles", "Glycerols"	منع تكون رغاوى ثابتة
١٣	عوامل الاستحلاب Emulsifiers	أملاح الصوديوم لحامض السلفونيك، أملاح الصوديوم للأحماض العضوية، أملاح الأمينات الدهنية "Fatty Amines" عوامل الاستحلاب الغير أيونية مثل Monoesters of Polyuydric Alcohols	
١٤	محسنات زيادة التغليظ Thickness Improvers وزيادة التكثيف	الصابون Ployisobntyle and polyacrylate polymers	يوفر للزيت قدره أكبر على الالتصاق.

أنواع وكميات مختلف الإضافات المستخدمة فى زيت التزليق لغرض معين هى عملية معقدة ومتخصصة ويجب إقرارها فقط بعد القرار الحذر للتزليق وتأثير أى من هذه الإضافات.

د- زيوت التزليق المخلقة: (Synthetic Lubricating Oils)

المزلقات المخلقة هى سوائل زيتية والتى ليس لها وجود فى الطبيعة ولا يتم إنتاجها مباشرة أثناء عملية التصنيع والتكرير للبترول. المزلقات المخلقة تصمم لأغراض خاصة.

فى حالة المعدات التى تعمل تحت ظروف شاقة وحادة فإن المزلقات البترولية مع الإضافات المناسبة وجد أنها غير كافية. مثل تلك الظروف كالآتى :

١- عمليات تشكيل المعادن: مثل قوالب التشكيل حيث يلزم توفير سوائل خاصة مقاومة للهب وذات خواص هيدروليكية.

٢- كراسى التحميل : المتحركة على الساخن وأسطوانات الدرفلة على الساخن حيث تكون درجات الحرارة والضغط العالى جداً.

٣- محركات الطائرات التربينية: (التى تدور بقوة الهواء) حيث يجب أن تكون مادة التزليق لها اللزوجة المنخفضة الكافية عند البدء لتوفير السيولة المناسبة للزيت إلى الطلمبة، يجب أن تظل ثابتة لمدة طويلة مع التشغيل عند درجات الحرارة المرتفعة جداً وأخيراً يجب أن تزلق بكفاءة تروس السرعة العالية ذات التحميل الثقيل. فى حالة تربينات البثق الحديثة (Jetturbines) والتى تسمى التربينات النفاثة، فإن مجال درجة الحرارة يكون متسعاً جداً، ويتراوح ما بين المنخفضة عند - ٥٥°م حيث تكون اللزوجة المطلوبة هى ٣٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ سنتيستوك (Centistokes) إلى المرتفعة عند ٢٦٠°م حيث عند درجة الحرارة هذه يجب تزليق كراسى التحميل بدون التعرض للفقد الزائد بالبخر أو لتكوين رواسب غير مرغوبه ومفسدة.

٤- فى البيئة النشطة : لتحقيق متطلبات التزليق تحت ظروف التشغيل الخاصه هذه، فإنه تم تحضير السوائل اللزجة من مختلف المواد العضوية والغير عضوية والتى تسمى المزلقات المخلقة. كثيراً منها كان معروفاً للصناعة بخلاف صناعة التزليق.

و- أهم الكيماويات والمركبات التى لها وظيفة التزليق هى.

أ) الإيسترات الحامضية ذات القاعدية المزدوجة : Dibasic Acid Esters

استخدمت هذه المركبات على نطاق واسع كأساس للشحوم منخفضة التطاير والمزلقات لمحركات الغاز التربينية. مميزاتها الرئيسية هى خواص اللزوجة الحرارية، الإنخفاض الشديد للتطاير، والثبات العالى الحرارى. كذلك فإنها ليست أكالة أو عدوانية على المعادن، وغير سامة، ثابتة ضد التحلل بالماء. ولكن سلبياتها هى أداءها الواضح

كمذيب للمطاط. أكثر هذه المواد استخداماً هو (Di-2 Ethyl Hexyl Sebacate)، الذى له كفاءة جيدة كمزلق للتربينات النفاثة عند - ٥٠°م إلى ٢٣٠°م.

ب-إيسترات الفوسفات العضوى : Organic - Phosphate Esters

إيسترات الفوسفات استخدمت لبعض السنين كإضافات فى المزلقات البترولية لتحسين خواص التزليق الحديه. هذه المواد لما لها من ثبات كيماوى فقد استخدمت كمكونات رئيسية فى المزلقات المخلقة، بينما تلك ذات النشاط الكيميائى استخدمت كإضافات للتطبيقات ذات الضغوط الفائقة. معظم إيسترات الفوسفات تكون ثابتة حتى حوالى ١٥٠°م ولكن تتل٦ بسرعة عند درجات الحرارة الأعلا. يستخدم مركب (Tricresyl Phospate) على نطاق واسع كإضافة للمزلقات البترولية. مركبات الفوسفور العضوية تستخدم فى الزيوت الهيدروليكية للطائرات نظراً لما لها من الخواص الجيدة لمقاومة الحريق.

جـ- بولى ألكيلين جليكول ومشتقاته :

Poly Alkylene Glycols and their Derivatives

هذه المركبات متاحة بكميات كبيرة وبأسعار مناسبة وتستخدم كثيراً. المركبات من هذا النوع تشمل (Poly Ethylene Glycol)، (Poly propylene Glycol) وكذلك (Highpoly alkane Oxides) , (Their Esters and Ethers) , (poly thioglycols) (Polyglycidyl Ethers) , ..الخ. المادة الأولى والثانية قابلين للإذابة فى الماء ولذلك فيكون استخدامهما هو فى المزلقات ذات التخفيف بالماء للاستخدام فى الوصلات وفى كراسى التحميل من المطاط. كما أن لها ميزة سهولة إزالتها بدفق الماء، عند الاستخدام لأسطح المعادن. (Polygly cidyl Ethers) , (Higher Polyalkylene. Oxides) لا يذوبان فى الماء ولكن يمكنهما امتصاص كمية من الماء. لهم مؤشر لزوجة عالى، لزوجة منخفضة عند درجات الحرارة تحت الصفر، ودرجة حرارة تجمد منخفضة، وهى تتحلل عند درجات الحرارة العالية إلى مركبات متطايرة حيث تتأكسد بعد ذلك. لذلك فإنها مفيدة كمزلقات خالية من الرواسب المتبقية عند درجات الحرارة العالية كذلك، كما فى حالة كراسى تحميل الدرافيل الأسطوانية (Roller Beanings) فى ماكينات تسطيح الزجاج.

مادة (Poly propylene Glycol) تعتبر زيت ممتاز شتاءاً لحافظة ذراع الإدارة أو التدوير (Crank case) والذى يتميز بعدم الكربنة، انخفاض الرماد، وانخفاض درجة حرارة البدء ومن ٦٠ إلى ٣٥٠% زيادة فى المسافات المستخدمة. (Polyalkylene Glycols) قد تكون مذابة فى الزيت أو مذابة فى الماء، سواء سائلة أو صلبة. محلول التزليق المائى يستخدم كذلك كسوائل هيدروليكية.

تستخدم كذلك (Polyalkylene Glycols)، (Polyethers) لمحركات الاحتراق، التروس، الضواغط، الطلمبات وكذلك للتصنيع كسوائل هيدروليكية ذات الأساس المائى المقاومة للحريق، وهى ممتازة كمزلقات للمحركات التربينية للطائرات بسبب ثباتها الحرارى، انخفاض عدوانية التآكل للمعادن ومقاومة الكسر عند المعدلات العالية للقص الميكانيكى.

د- الهيدروكربونات المكلوره والمفلورة :

Chlorinated and Flourinated Hydrocarbons

الصفات المميزة المفيدة للهيدروكربونات المكلورة (مثل مركبات داى فينيل المكلورة) هى خواص انخفاض القابلية للاشتعال والخاصية الجيدة للتزليق عند الضغط الفائق. ولكن لسوء الحظ فإن النشاط العالى لذرات الكلور التى يمكن استبدالها فى ظروف الأحمال العالية عند درجات الحرارة المرتفعة، ينتج عنه مركبات سامة أو شديدة العدوانية.

الهيدروكربونات المفلورة (كذلك Completely Fluorinated tertiary - amines, Ethers, Esters- etc) لها درجة عالية من الثبات الكيميائى، ودرجة عالية من عدم القابلية للاشتعال، ومقاومة للحرارة، الكيماوية، للتآكل والأكسدة ومؤشر لزوجة مرتفع. الخمول الكيميائى يعنى أنها مزلقات ذات حديه ضعيفة. هذه المركبات مكلفة جداً. المزلقات المفلورة (Floulubes) المتاحة تجارياً لها ثبات كيميائى وحرارى عالى وهى أقل عرضه للأكسدة والتشقق. المزلقات المفلورة لها تطبيقات هامة فى الغواصات.

هـ- إيسترات السيليكيت (Silicate Esters)

هذه تتصف باللزوجة العالية (١٥٠ - ٢٠٠)، وعلى نحو استثنائى وممتاز خاصية التطاير المنخفضة، ضعف مقاومة الأكسدة عند درجات الحرارة العالية، عدم العدوانية للمعادن، التوافق مع البلاستيكات والمطاط (حيث تميل إلى تصلب وتجميد المطاط بعد

الالتصاق لفترة طويلة فقط وعند درجة الحرارة العالية، كما فى حالـة الـسليكونات) الميل إلى التحلل بالماء (Hydrolyse) وعدم التوافق مع الرطوبـة فـى كثيـر مـن الحالات. استخداماتها الصناعية محددة غالباً فى سوائل الانتقال الحرارى.

و- السليكونات : (Silicones)

السليكونات هى منتجات يتم الحصول عليها بالتحلل المائى (Hydrolysis) وبلمرة (Organochlorosilanes) مثل $CH_3\ SiCl_3$, $(CH_3)_2\ SiCl_2$ للتزليـق عنـد درجـات الحرارة المرتفعة يتم استخدام أى من الأنواع العديدة من سوائل الـسليكون. المعادلـة العامة لهذه المواد هى كالآتى :

$$R_3SiO\left[\begin{array}{c} R \\ | \\ Si-O \\ | \\ R \end{array}\right]-SiR$$

حيث R هى الشق العضوى.

أحد أهم الخواص للسليكونات هى ارتفاع مؤشر اللزوجة. لهـا مقاومـة جيـدة للأكسدة عند درجة الحرارة المتوسطة (حتى ٢٠٠°م) ولكنها معرضة للأكسدة السريعه عند درجات الحرارة العالية مكونة مادة جيلاتينية. لذلك فإنها تكـون غيـر مناسـبة للاستخدام كمزلقات لمحركات الطائرات. وهى أكثر حمولا مـن الناحيـة الكيميائيـة مقارنة بالمزلقات المخلقة الأخرى، وهى ليست عدوانية على المطـاط، البلاسـتيك أو البويات. خواصها الطبيعية مطلوبة جداً فى الحالات الهيدروديناميكيـة ولكنهـا لهـا خواص حدية ضعيفة نحو معادن التحميـل، وخاصـة المعـادن الحديديـة. ضـعف إدمصاصها على الصلب يجعلها غير مناسبة للحماية من الصدأ. الـسليكونات تعطـى نتائج جيدة فقط عندما يكون أحد أسطح الاحتكاك ليس من المعادن الحديدية وهى مفيدة جداً لتزليق الأجزاء الصغيرة عند درجة الحرارة المنخفضة.

التطوير فى خواص السليكونات كمزلقات حديه تم بترك بعـض مجموعـة OH- بـدون تفاعـل وكـذلك بـالتغيير فـى المجموعـة البديلـة لمجموعـة

OH– (Substituted Group). الادماج فى السليكون بمجموعات الفينيل المحتوية على بدائل هالوجين (Halogen – مثل الكلور، الفلور، البروم، اليود) يزيد قدرتها على تحمل الأحمال العالية. أفضل أنواع السليكونات المتاحة حالياً هى :

.(Dimethyl and Methylphenyl - Silicaon Polymers)

أنواع مختلفة من زيوت السليكون لهـا مجال كبير من اللزوجة ومتاحة لاستخدامات معينة. سلسلة سائل السليكون – ٢٠٠ يوصى باستخدامها لأسطح المطاط والبلاستك، شاملة أفلام التصوير المتحركة، آلة الحساب المنزلق (Slide Rule)، التروس، كراسى التحميل، البطانة المعدنية Bushes)، ولطرد الرطوبة، مزلقات العزل الكهرباء فى الساعات، ساعات السباق والتجهيزات الإليكترونية الأخرى.

سوائل السيليكون – ٥١٠ مناسبة للمزلقات عند درجات الحرارة المنخفضة بينما سوائل السليكون – ٧١٠ هى مزلقات مقاومة للحرارة لمفصلات الأفران، أجهزة توقيتات الأفران (Timers)، الناقلات، أسطوانات الدحرجه (Rollers)، وعجلات التقليب المعرضة إلى درجات الحرارة العالية، الرطوبة العالية والتعرية.

الخواص الهامة للمزلقات المصنعة (المخلقة) :

Characteristics of Synthetic Lubricants

السبب الرئيسى فى استخدام المزلقات المصنعة هو الحاجة إلى التزليق ذو الأداء الجيد خلال مجال متسع من درجة الحرارة، أى ما بين – ٥٠°م إلى + ٢٦٠°م. المنتجات البترولية المستقيمة (Straight) ذات لزوجة كافية للحركة – ٥٠°م تكون معرضة للفقد الغير مقبول عند درجات الحرارة العالية. وعلى العكس فإن بعض الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئى العالى تم استخدامها بكميات حتى ١٧٥°م فإنها لم تمكن من الصب والتدفق الانسيابى بسهولة عند درجة حرارة – ١٨°م. معظم المزلقات المخلقة يحدث لها انخفاض فى اللزوجة لتطاير معين أكثر من المنتجات البترولية المكافئة. فمثلاً المزلق المخلق مثل (Di - 2 Ethyl Hexy sebacate) تفقد أقل من ٠,٠٥% من وزنه بعد التسخين لمدة ١٦٨ ساعة عند ٦٥°م بينما زيت البترول الذى يتم اختياره للزوجة مقارنة قد يفقد ١٠% من حرارته تحت نفس الظروف المشابهة.

الخواص المميزة الأخرى للمزلقات المخلقة مقارنة بالمزلقات البترولية التقليدية هو ثباتها الحرارى العالى، مقاومة الأكسدة، مقاومة التحلل المائى، مقاومة عالية للحريق، خواص منع الصدأ، خواص لزوجة حرارية أفضل (أى لها قيم مؤشرات لزوجة عالية). فمثلاً، زيت بنسلفانيا الجيد له مؤشر لزوجة ١٠٤ بينما مؤشر (Dimethyl silicane) هو ٢٠٠.

كذلك كثيراً من الزيوت المخلقة هى مذيبات ممتازة للإضافات الهامة، مثل محسنات مؤشر اللزوجة، مثبطات الأكسدة ومثبطات الصدأ. مزلقات معينة مخلقة تمتلك درجة عالية من قدرة التنظيف الطبيعية التى هى صفة ذات قيمة فى الحالات حيث يعمل المزلق كمزيل للأوساخ ورواسب الوقود. بعضها سام. بعضها عدوانى خاصة عند درجة الحرارة العالية.

هـ-مستحلبات التزليق : Lubricating Emulsions

فى كثير من عمليات المعدات الميكانيكية مثل عمليات التفريز (Milling)، اللولبه (Threading)، الخراطة (Turning)، التجويف (Boring)، فإن الآلة المستخدمة تصبح ساخنة إلى درجة حرارة مرتفعة، وخاصة عند طرف القطع. فى عملية القطع، أحيانا يكون الضغط عند طرف السكينة يصل إلى ضغط ١٠٠,٠٠٠ رطل/البوصة المربعة حيث تتولد كمية ضخمة من الحرارة. هذا قد يؤدى إلى الأكسدة والصدأ لقطعة المعدن فى الشغل. ولمنع التسخين الزائد فى مثل هذه الحالات وبما يترتب عليه من تلف، فإنه يلزم توفير التبريد الكفؤ والتزليق. عادة يتم ذلك باستخدام مستحلبات من نقاط الزيت فى الماء، والتى تسمى زيوت القطع أو سوائل القطع أو مستحلبات القطع (Cutting Emulsions). الزيت له حرارة نوعيه منخفضة ولكن له خواص تزليق جيدة. على الجانب الآخر، فإن الماء مزلق ضعيف ولكنه وسط تبريد ممتاز بسبب حرارته النوعية العالية والحرارة العالية للبخر. لذلك، فإن الجمع بينهما فى شكل المستحلب يمكن أن يوفر تأثيرات كلاً من التبريد والتزليق. المتآكل بفعل الماء على الآلات، المعدات **وقطعة الشغل يلزم تفادى حدوثه ولذلك فإنه يتم إضافة الصابون أو أى مادة تثبيط قلوية. حتى عندئذ، فإن استخدام الماء يكون محدوداً للعمليات البسيطة مثل الطحن والخراطة الشاقة.**

الخواص الهامة لمستحلب القطع تشمل (١) سهولة السحب بين وجه وقاعدة الآلة لتوفير التزليق الكفؤ (٢) امتصاص الحرارة لمنع بلى وتلف المعدن (٣) غسيل الرايش

من المعدن (٤) توفير مستحلب ثابت مع الماء (٥) لا يسبب صدأ للمعدن (٦) خاصية التطهير ومنع حدوث العفن وقتل الكائنات الدقيقة.

زيت القطع الجيد يزيد دقة القطع ويقلل من تكاليف الشغل، كما يمكن من زيادة سرعة القطع، زيادة عمر الاستخدام لقطعة الشغل هذا بالإضافة إلى خفض الطاقة المستخدمة وكذلك خفض الشغل التالف.

زيوت البترول ذات التسلسل المستقيم (Straight Chain) تعتبر زيوت تزليق ضعيفة جداً. الزيوت الدهنية مثل زيت دهن الخنزير أو دهن الحوت تعتبر من زيوت القطع الجيدة جداً ذلك رغم أن الزيوت المخلوطة مثل زيت الفلفونيه وزيت الصنوبر وزيت التربنتينه المستخرج من زيت الصنوبر (Turbine Dil)، وجد لها بعض الاستخدام. فى زيت القطع الجيد، تكون هناك إضافة من مادة صابونية (Sulfonated). فى حالة السرعات البطيئة والقطع الخفيف يمكن استخدام مزلق مكلور. فى حالة تشغيل سبيكة النحاس الأصفر (Brass) فإن الزيت المستحلب يجب أن يكون زيت البارافين المحتوى على حامض دهنى حر أو (Copper Orleate) لأن الزيت المحتوى على الكبريت (Sulfirized) يمكن أن يغير لون قطعة الشغل.

يستخدم نوعين من المستحلبات فى عمليات التزليق.

١- مستحلبات القطع أو مستحلبات الزيت – فى الماء :

ويتم تحضير تلك المستحلبات بخلط الزيت المحتوى على حوالى ٣ – ٢٠% من عامل الاستحلاب المذاب فى الماء (مثل الصابون المذاب فى الماء، Alkyl oralyl Sulfonate, alky sulfates) وكمية مناسبة من الماء. الكياويات مثل (Triethanol Amine, Glycerols, Gylcols) قد تضاف أحياناً، المستحلبات من نوع الزيت فى الماء تستخدم كمزلق تبريد لأدوات القطع وفى مكابس محركات الديزل وفى محركات الاحتراق الداخلى الضخمة.

(٢) سوائل التبريد أو مستحلبات الماء فى الزيت :

وهذه يتم تحضيرها بخلط كلاً من الماء والزيت المحتوى على ١ – ١٠% من عوامل الاستحلاب (Emulsifiers) الغير مذابة فى الماء مثل صابون العناصر القلوية.

المستحلبات المحتوية على ٥٠% من زيت التزليق والماء تستخدم فى تزليق أسطوانات البخار، حيث توفر التبريد للحوائط وخفض فى استهلاك الزيت. مثل هذه المستحلبات إستخدام بنجاح فى ضواغط تداول الوقود الغاز.

الفصل الرابع

خواص المزلقات

خواص المزلقات : (Properties of Lubricants)

يمكن اختيار مادة التزليق لاستخدام معين، فإنه يلزم التعرف على بعض الخواص الهامة لزيوت التزليق.

١- اللون :

ألوان زيوت التزليق تتراوح ما بين ذات الشفافية التامة إلىتلك مثل القار الأسود وما بينهما من الألوان، الأصفر، الأحمر ، البنى. بعض الزيوت المعدنية تبدو بلـــون أخضر أو أزرق لامع فى إنعكاس الضوء. لون الزيت، يبين إلى حد ما أصـــل هـــذا الزيت. الزيوت ذات الأساس من البارافين تبدو باللون الأخضر اللامع، بينما الزيوت ذات الأساس من النافتا (Naphthenic Base) تكون ذات شكل بيمـــل إلـــى الزرقـــة. عموماً كلما كانت درجة حرارة الغليان مرتفعة للمادة البترولية كلما كانت أشد عتامـــة (More Darker). يمكن إزالة اللون كلية بالمعالجة. وعموماً لايمكن اعتبـــار اللـــون مؤشراً للزوجة أو لكفاءة مادة التزليق. الزيوت ذات اللون الفاتح ذات اللزوجة العالية تلقى صعوبة فى تسويقها بسبب الألوان. ولكن فـــى الـــصناعات الغذائيـــة وصـــناعة المنسوجات ..الخ، حيث توجد فرصة تلطيع (Staining) المنتجات النهائية فإن لـــون زيت التزليق من الطبيعى أن يكون مهماً بدرجة كبيرة.

أحياناً، تتم تقييم حالة التلف أو التلوث لزيت التزليق بالمقارنة بلون الزيت الذى لم يستخدم.

٢- الجاذبية النوعية (وجاذبية معهد البترول الأمريكى) :

Specific Gravity (and API Gravity)

الجاذبية النوعية لزيت لا توفر معلومات عن خواص التزليق للزيت، ولكـــن لأن الزيت يستخدم بالحجم فإن المعلومة عن النسبة بين الوزن إلى الحجم يمكن أن تكـــون مفيده.

الجاذبية النوعية هى النسبة بين كثافة الزيت إلى كثافة الماء عند درجات حـــرارة معينة. فى صناعة البترول عادة يتم تعيين الجاذبية النوعية للزيـــوت عنـــد درجـــات

حرارة (١٥,٥٥°م). معظم زيوت التزليق لها قيم جاذبية نوعية ما بين ٠,٨٥ إلى ٠,٩٩ عند (١٥,٥٥°م) ٦٠ درجة فهرنهيت.

فى الولايات المتحدة تم استبدال الجاذبية النوعية بجاذبية معهد البترول الأمريكى (API) لتوفر سهولة الحساب وعدم وجود أرقام عشرية، حيث الماء يكون له جاذبية (API) = ١٠.

٣- الحرارة النوعية (specific Heat)

الحرارة النوعية لمعظم زيوت التزليق تقع فى المجال من ٠,٤٤ إلى ٠,٤٥ المعلومات عن الحرارة النوعية تكون مطلوبة فى مشاكل الانتقال الحرارى مثل كتلك المتعلقة بتصميم كراسى التحميل المستوية (Plane Bearings) حيث يكون أداء زيت التزليق كمادة تزليق وكذلك للتبريد.

٤- رقم التعادل (Neutralzation Number)

حموضة أو قلوية زيت التزليق تتحدد برقم التعادل. تعيين الحموضة هو العادى ويعبر عنه برقم الحامض أو قيمة الحامض (Acid vulue) ويعرف بعدد المليجرامات من إيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة كل الحامض الحر الموجود فى جرام واحد من الزيت.

حتى أن الزيت الذى تم تنقيته بإتقان يمكن أن يحتوى على بعض من الحموضة. وهذا يرجع إلى وجود كميات صغيرة من المكونات العضوية التى لم يتم معادلتها تماماً أثناء معالجة التنقية أو القليل من المتبقى، من عملية التنقية . هذه الحموضة الناشئة قد لا تكون ضارة فى حد ذاتها ولكن بالنسبة لما تزيده فى الزيت المستخدم والذى يؤخذ كمقياس لتلف الزيت بسبب الأكسدة أو التلوث. فى الواقع، فإن رقم الحامض أكبر من ٠,١ عادة يؤخذ كمؤشر لأكسدة الزيت.

٥- رقم التصبين (Saponification Number)

قيمة التصبين للزيت تعرف بعدد المليجرامات من إيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لتصبين جرام واحد من الزيت، يتم ذلك هذا عادة بإرجاع (Refluxing) كمية معلومة

من الزيت مع كمية زائدة ومعلومة من محلول إيدروكسيد البوتاسيوم العيارى وتعيين القلوى المستهلك بمعايرة القلوى الذى لم يتفاعل.

الزيوت الحيوانية والنباتية يحدث لها التصبين ولكن الزيوت المعدنية لا تتصبن. وكذلك فإن معظم الزيوت الحيوانية والنباتية لها قيم لخواص التصبين معلنة ومعروفة. لذلك فإن تعيين قيمة التصبين يساعد فى تأكيد وجود الزيوت النباتية أو الحيوانية (الزيوت المثبتة) فى المزلق. وعلى العكس، حيث أن أى من الزيت المثبت له رقم التصبين الخاص به، فإن أى حيود عن هذه القيمة فى أى عينة يبين احتمال ودرجة الغش (Adulteration) [الزيوت الثابتة الحيوانية و النباتية هى تلك الزيوت التى لا تتحلل بالحرارة أو التقطير وتسمى Fixed Oils].

٦- الأكسدة : Oxidation

أكسدة الزيوت المعدنية المستقيمة تتقدم ببطئ حتى عند درجة حرارة الغرفة ولكنها تسير بسرعة عند درجات الحرارة الأعلى (وتحديداً أعلا من 200°م). كذلك فن الأكسدة يتم تعجيلها بوجود الرطوبة فى البيئة المحيطة وكذلك فى وجود العوامل المساعدة على الأكسدة مثل الحديد والألومنيوم وخاصة النحاس، وتحديداً عندما تكون فى الحالة المفتتة (كما فى حالة نواتج البلى). مقاومة مختلف الزيوت للأكسدة تتوقف إلى حد كبير على طبيعة الزيت الخام وطريقة التكرير. فى معظم الزيوت التجارية يتم تأخير معدل الأكسدة بإضافة مثبطات الأكسدة التى تستهلك (Scarified) مثل (Phenyl - B Naphthylamine) .

نواتج الأكسدة غير مرغوب فيها للآتى :

أ – نواتج الأكسدة الغير مذابة أو الرواسب يمكن أن تسبب الانسداد لخطوط مواسير الزيت، فتحات وثقوب التزييت (Oil Holes)، المرشحات والأجزاء الأخرى من نظام التزليق.

ب– نواتج الأكسدة المذابة التى تدور مع الزيت لها استعداد حامضى ويمكن أن تحدث تآكل وثقوب لأسطح التحميل وقد تكون رواسب ضارة ولزقة تشبه الورنيش وكذلك مواد صمغية.

لقد اقترح العديد من الاختبارات لاختبار مقاومة الأكسدة للزيت ولكن لا يوجد حتى الآن المقبول عالمياً. الاختبار الوحيد الذى يمكن الاعتماد عليه هو ذلك الذى فيه كل ظروف التشغيل يتم محاكاتها.

٧- التآكل :

زيوت التزليق تستخدم أحياناً ملتصقة مع نظم تحتوى على النحاس، النحاس الأصفر، الصلب، (Copper and Brass). عندئذ فإن خاصية العدوانية لزيوت التزليق يتم تأكيدها باختبار تآكل النحاس واختبار تآكل الصلب. المواد العدوانية مثل الكبريت، H_2S والبولى سلفيدز توجد فى البترول وتزال أو يتم تحويلها إلى السلفيدات العضوية ذات الضرر القليل بعمليات التنقية. عادة يتم الكشف عن الكبريت أثناء التكرير وفى المنتجات النهائية.

اختبار تآكل النحاس يعتبر ذو قيمة كبيرة للمنتجات مثل زيوت القطع المستخدمة فى تشغيل المعادن الغير حديدية والمزلقات فى كراسى التحميل ذات الالتصاق باسطوانات الدرفلة ذات الغطاء الغير حديدى. ما يسمى "اختبار شريط النحاس" يتضمن وضع شريط من النحاس تم صقله فى زيت التزليق عند درجة حرارة معينة ولمدة زمنية معينة ثم اختبار الشريط بعد سحبه. أى تلوث أو فقد فى لمعة الشريط هو دليل على وجود مواد عدوانية فى الزيت، اختبار تآكل الصلب للزيوت يصمم لتعيين قدرة الزيت على منع حدوث التآكل للأجزاء الحديدية فى وجود الماء.

مثبطات التآكل مثل (Organo Meallic Compunds, Zin Dithiophosphate) عادة يتم إضافتها إلى زيوت التزليق.

٨- الاستحلاب (Emulsification)

عند خلط زيت نقى مع ماء نقى، فإن السوائل تنفصل إلى طبقتين بشكل سريع إلى حد ما. ولكن فى حالة تلوث الزيت ببعض الأتربة الدقيقة، والأجسام المعدنية الدقيقة أو الأحماض، القلويات أو الصابون، فإن معدل الانفصال يقل ويتكون مستحلب الزيت فى الماء أو الماء فى الزيت. المستحلبات تميل إلى جمع الملوثات التى يمكن أن تسبب الاحتكاك وتكون الرواسب التى يمكن أن تحدث انسداد فى خطوط الزيت..الخ. لذلك،

فى عدد كبير من الحالات، يكون من المهم أن زيت التزليق تكون ذلك المستحلب مع الماء الذى ينفصل بسرعة. هذه الخاصية للمزلق تسمى رقم إزالة الاستحلاب (Demulsification N°-) ويتم تعيينه بملاحظة الوقت اللازم بالثوان لحجم معين من الزيت لينفصل فى طبقة واضحة من حجم مساوى من البخار المكثف تحت الظروف القياسية. ويسمى كذلك رقم مستحلب البخار (Steam Emulsion Number). كلما كان رقم مستحلب البخار منخفضاً، كلما كان انفصال الزيت من المستحلب المتكون أسرع وكلما كان زيت التزليق أفضل فى معظم الأغراض.

زيوت المحركات التربينية بالخبار عادة تكون ملوثة بالبخار أو بالبخار المكثف ويكون من المهم أن ينفصل الزيت سريعاً، وإلا فإنه يمكن أن تتكون رواسب (Sludges) التى يمكن أن تحدث انسداد فى خطوط الزيت وفى الطلمبات. لذلك فإنه فى كل مثل هذه الحالات حيث قد يحدث التصاق بين الزيت والماء أثناء العمل، فإنه يجب أن يكون له رقم إزالة استحلاب منخفض. على الجانب الآخر فى زيوت تزليق صناعية مهنية مثل زيوت القطع يكون المطلوب استمرار تكون المستحلب حيث يعمل المستحلب كمبرد وكذلك كمزلق.

كثيراً من الإضافات المستخدمة فى تثبيط الأكسدة وتثبيط التآكل لزيوت المخلفات الصناعية لها خاصية ملحوظة بخصوص خفض رقم إزالة الاستحلاب للزيوت.

٩- نقطة الأنيلين (Aniline Point)

نقطة الأنيلين للزيت تعطى مؤشر لاستعداد الزيت للتلف عند التصاقه بمواد التعبئة والتغليف أو العازل المطاطى..الخ. عموماً الهيدروكربونات الأروماتية لها استعداد لإذابة المطاط الطبيعى وأنواع معينة من المطاط الصناعى - لذلك فإن محتوى الزيت من الهيدروكربونات الأروماتية له ميزة ودلالة كبيرة من وجهة النظر هذه. وهذا عادة يتم تعيينه على أساس "نقطة الأيثيلين" للزيت والتى تعرف "بأنها أدنى درجة حرارة اتزان (Equilibrlam) لمحلول لحجمين متساويين من الأيثيلين وعينة الزيت". نقطة الأينلين المرتفعة تعنى النسبة المنخفضة للهيدروكربونات الأروماتية (Aromatic Hydrocarbons). لذلك فإن نقطة الأنيلين العالية تكون مطلوبة. يتم تعيين نقطة

الأنيلين بالخلط الجيد (الميكانيكى) لحجمين متساويين من الأنيلين وعينة الزيت فى أنبوبة اختبار وتسخين الخليط حتى الحصول على محلول متجانس. ثم تترك لتبرد بمعدل معين لحين مجرى الانفصال لكلا الطبقتين. درجة الحرارة المقابلة لتلك الملاحظة المعينة يتم تسجيلها "كنقطة الأنيلين".

١٠- المحتوى من الرماد : (Ash Content)

كمية الرماد فى الزيت المعدنى الذى تم تنقيته وتكريره جيداً تكون منخفضة جدا وتكاد تكون معدومة. فى حالة الزيت المستخدم فإن الرماد سوف يشمل أجسام معدنية وهناك محاولات لتقييم معدل البلى للأسطوانة (السيليندر) بفعل المحتوى من الحديد الرماد من الزيت المستخدم فى الأسطوانة.

١١- ثبات التحلل : (Decomposition stability)

ثبات الزيت خلال تفاعلات التحلل المائى أو الحرارى تعتبر هامة كذلك لأن نواتج تلك التفاعلات تعتبر مسببه لتلف أجزاء المعده.

١٢- رقم الترسيب : (Precipitation Number)

هذا يبين نسبة الأسفلت الموجودة فى الزيت. يتم تعيين رقم الترسيب بإذابة وزن معين من الزيت فى كحول بترولى (Petroleum Ether) ثم فصل الأسفلت المترسب بالطرد المركزى. يتم تخفيف الأسفلت ووزنه وتسجيله كنسبة مئوية من وزن الزيت.

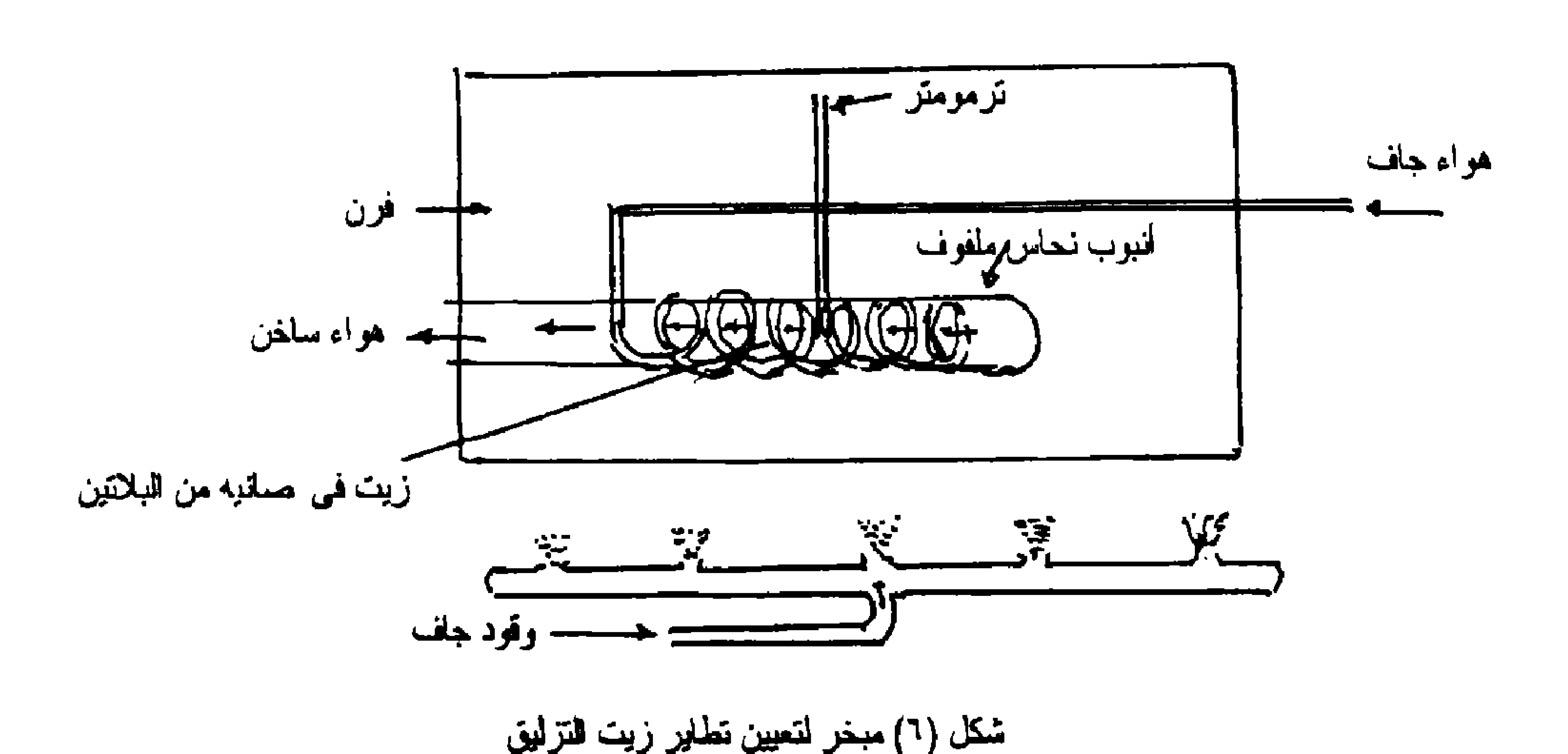
١٣- القدرة على تزييت السطح الملاصق : (Oiliness)

قدرة المزلق على تزييت السطح الملاصق بمعنى أن زيت التزليق يمكن أن يلتصق على سطح الأجزاء المعدنية للمعدة التى تعمل عند الضغط المرتفع. قدرة الزيت على التزييت هى أهم صفة لزيت التزليق فى حالات التزليق الحدية ذات الطبقة الرقيقة. الزيوت المعدنية لها قدرة تزييت ضعيفة جداً بينما الزيوت الحيوانية والنباتية لها قدرة جيدة على التزييت. لذلك، فإن تزييت الزيوت المعدنية يمكن أن يتحسن بإضافة كميات صغيرة من الأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئى العالى مثل (Stearic AcidK Oleic Acid , Chlorinated Esters of these Acids). لا توجد

طريقة متقنة لتعيين قدرة التزييت المطلقة لزيت. فقط فإن قدرة التزييت النسبيه يمكن تقديرها على ضوء اختيار زيت تزليق لمهمة معينة.

١٤- القدرة على التطاير والتبخر : (Volatility)

عند تعرض زيت التزليق إلى درجة الحرارة المرتفعة كما في حالة المعدات الثقيلة، فإن معظم الزيت يمكن أن يتبخر ويفقد. بصرف النظر عن الفقد في المزلق المتبخر، فإن الزيت المتبقى يمكن أن تكون له خواص مختلفة (مثل اللزوجة الزائدة ومؤشر لزوجة مختلف) مقارنة بالزيت الأصلى. من الطبيعى أن المزلق الجيد يجب أن تكون له استعداد قليل للتبخر. تبخر زيت التزليق عادة يتم تعيينه باستخدام جهاز يسمى المتبخر (Vaporizer) الموضح فى الشكل (٦). وهذا الجهاز يتكون من فرن يتم تسخينه بالوقود الغاز حيث يوضع فى وسطه لفات من مواسير النحاس. يمكن مرور الهواء خلال مواسير النحاس. يتم أخذ وزن معين من عينة الزيت فى بوتقه من البلاتين ثم يتم إدخالها عند مركز الماسورة النحاس كما هو موضح فى الشكل. الآن يتم تمرير الهواء الجاف بمعدل ٢ لتر فى الدقيقة خلال الماسورة النحاس لمدة ساعة. عندئذ يتم سحب البوتقة وتبريدها ووزنها. الفقد فى وزن الزيت، محسوباً كنسبة مئوية من وزن الزيت يتم تسجيله حيث يقدر بقدرة الزيت على البخر.



شكل (٦) مبخر لتعيين تطاير زيت التزليق

١٥- اختبار الكربون المتبقى : (Carbon Rasidual Test)

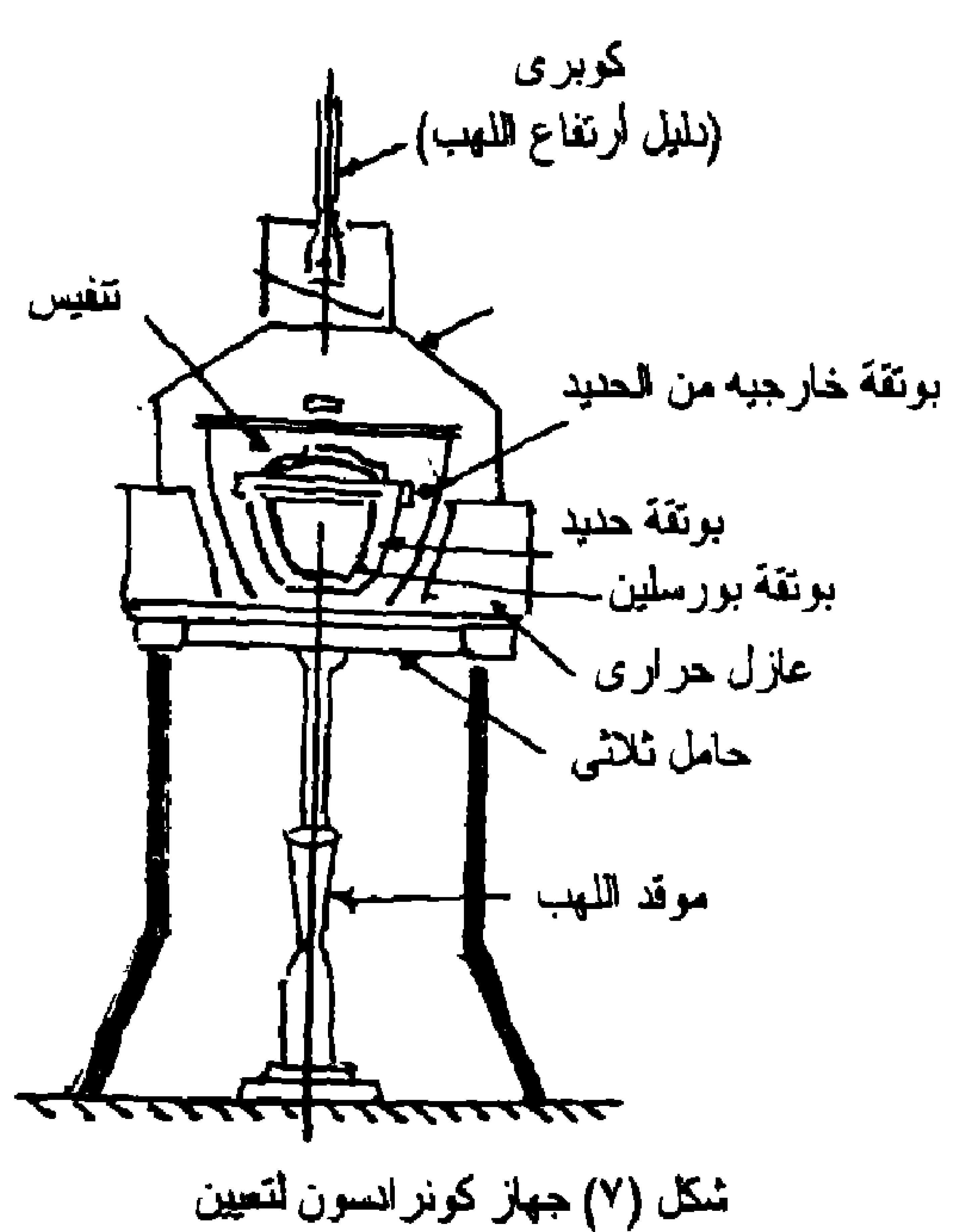
يعتبر استعداد زيت التزليق لتكوين الكربون عند الحـــرق هـــو ظـــاهرة خاصـــة بمحركات الاحتراق الداخلى. الزيوت التى ترسب أدنى كمية من الكربون هى الزيوت المفضلة. ترسيب الكربون فى محرك الاحتراق الداخلى يكون نتيجة الحرق الغير تـــام للوقود وكذلك كربنة زيت التزليق الذى يحمل خلال حلقات المكبس إلى غرفة الحرق. تراكم الكربون المرسب فى غرفة الحرق ينتج عنه خفض حجم الشحنة عند نهاية شوط الضغط بما يترتب عليه زيادة فى نسبة الضغط والتى تؤدى إلى الانفجـــار. ترســـيب مخلفات الكربون بالمزلق قد تكون غير مقبولة فى حالات أخرى كذلك.

يستخدم اختبارين لتعيين الكربون المتبقى وهما :

اختبار كوترادسون (Conradson)، اختبار (Ram Sbottom).

أ- اختبار (Conradson) :

الجهاز المستخدم لهذا الاختبار موضح فى الشكل (٧).



شكل (٧) جهاز كونرادسون لتعيين الكربون المتبقى

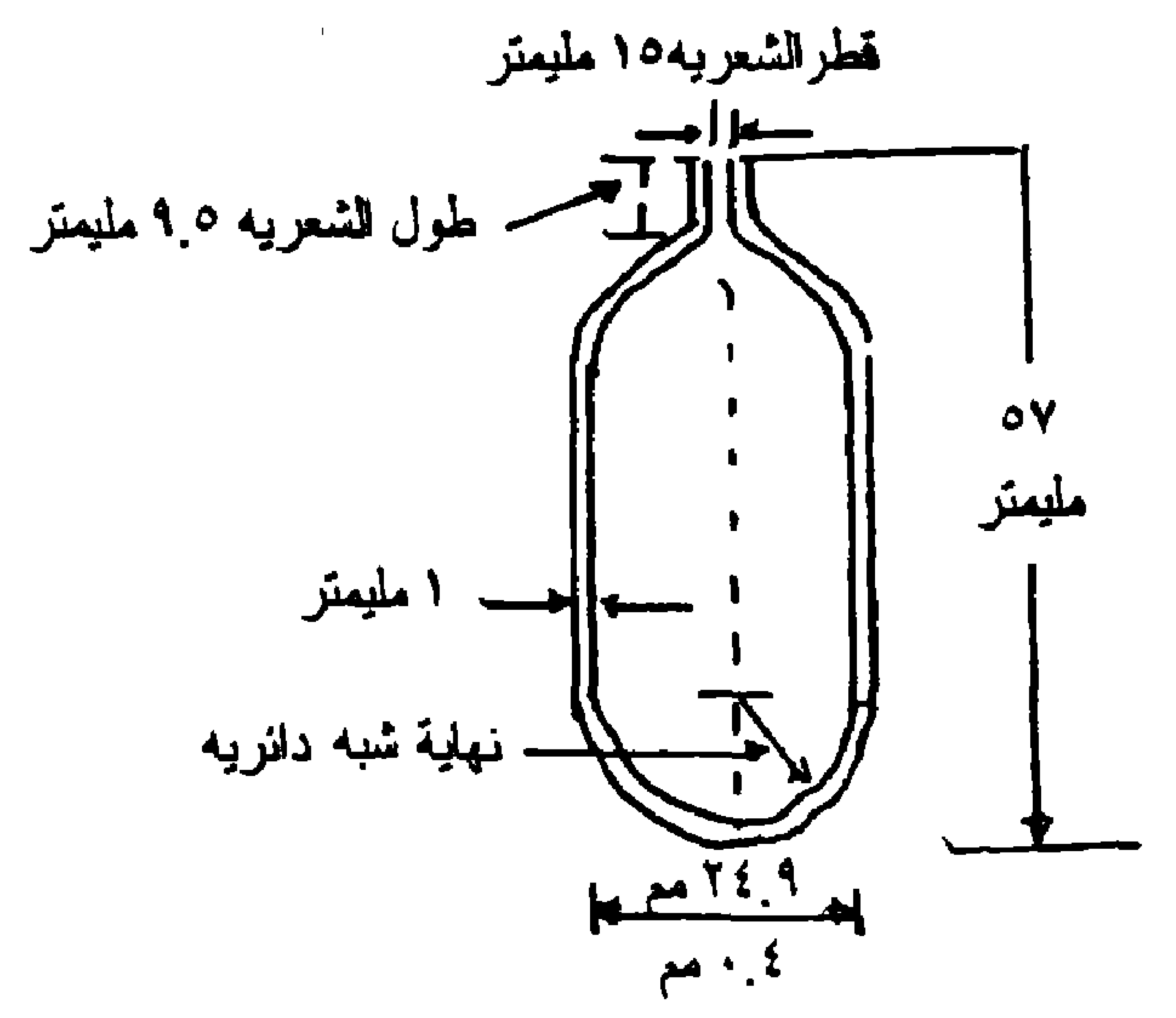
وهو يتكون من عازل مثل كتلة الأسبستوس. بوتقة خارجية من الحديد مثبته فـــى صندوق العزل. البوتقة مزودة بغطاء وتوضع على حامل مستطيل. وتحتـــوى علـــى

طبقة من الرمل التي توضع عليها البوتقة الداخلية المزودة بغطاء به تنفيث. البوتقة الداخلية تحتوى على بوتقة من البورسيلين المزجج ذات سعة من ٢٩ إلى ٣١سم٣ وقطرها الخارجي ٤٦ - ٤٩ مليمتر. الغطاء فى شكل مستدير بقطر من ¾ ٤ - ¼ ٥ بوصة. قطر المدخنة من ٢ - ¼ بوصة وارتفاع ٢ - ½ بوصة، الشكل القمعى لقطعة الارتفاع للغطاء يجعل الارتفاع التام ٥ بوصة. الكوبرى مصنوع من حديد بسمك ١/٨ بوصة ويكون فوق قمة المدخنة بحوالى ٢ بوصة.

وزن عينة الزيت التى تؤخذ فى البوتقة يكون ١٠ جرام. يتم تسخين البوتقة من الخارج بموقد (Meker Burner) بحيث يكون زمن السابق للاشتعال هو ١٠ ± ١,٥ دقيقة. عند رؤية الدخان عند المدخنة يتم توجيه اللهب نحو جانب البوتقة وذلك لحرق الأبخرة والتى تحترق بتجانس مع اللهب فوق المدخنة ولكن ليست فوق الكوبرى، فى ١٣ ± ١ دقيقة، حيث بعد ذلك يتم تسخين قاع البوتقة لدرجة الاحمرار لمدة ٧ دقائق أخرى بحيث يكون إجمالى زمن التسخين هو ٣٠ دقيقة. بعد ذلك يتم سحب بوتقة البورسيلين تم تبريدها ووزنها. يتم تسجيل النتيجة كنسبة مئوية للمتبقى من عينة الزيت.

f- اختبار (Ramsbottom) :

فى هذا الاختبار كان المستخدم أساسا بصيله تكويك من الزجاج القوى شكل (٨) ولكن حالياً تستخدم البصيلة من الصلب المقاوم.



شكل (٨) بصيله التكويك المستخدمه فى إختبار الكربون المتبقى لـRam Sbottom

يتم وضع من ١ - ٤ جرام من عينة الزيت (طبقاً للنسبة المتوقعة من الكربون المتبقى) كالآتى :

أقل من ٢% - ٤ جرام، من ٢ - ٤% - ٢ جرام، أكثر من ٤% - ١ جرام فى البصيلة ثم يتم تعيين وزن عينة الزيت. يتم وضع البصيلة فى غلاف يتكون من أنبوبة حديدية بطول حوالى ٧٦ مليمتر وبقطر داخلى ٧٦ مليمتر، ولها نهاية مستوية مقفلة. يتم غمر الغلاف فى حمام من الرصاص المنصهر إلى عمق لا يقل عن ٧/٨ ٢بوصة ثم يتم تسخين حمام الرصاص إلى ٥٥٠°م لمدة ٢٠ دقيقة. يتم سحب البصيلة ثم تبريدها ووزنها. يتم جراء كل اختبار مرتين كما يجب الحرص نحو عدم فقد الزيت بسبب حدوث الرغاوى. التسخين يمكن كذلك أن يتم فى فرن بالتسخين الكهربى عند ٥٠٠ - ٥٥٠°م لمدة ٢٠ دقيقة. يتم تسجيل النتيجة كنسبة مئوية للكربون المتبقى من وزن عينة الزيت.

١٦- نقطة الغمام ونقطة الصب : (Cloud Point and Pour Point)

زيوت البترول هى خلطات معقدة من المركبات الكيميائية وليس لها نقطة تجمد محددة. عند تبريد الزيت بطريقة كافية، فإنه يصبح ذو شكل صلب لدن بسبب تكون بلورات صلبة أو بسبب انعقاد وتجمد الهيدروكاربون الموجود. نقطة التغيم (أو الغمام) هى درجة الحرارة التى عندها الملاحظة الأولى لتكون تبلر المادة الصلبة فى شكل

غيوم أو ضباب رقيق، وذلك عند تبريد الزيت فى جهاز قياسى بمعدل قياسى. نقطة الصب هى درجة الحرارة التى عندها يبدأ توقف الزيت عن الانسياب والتدفق عند التبريد بمعدل قياسى وفى جهاز قياسى.

بالنسبة لزيوت التزليق نقطة الصب لها أهمية خاصة. فهى تعين ملاءمة المزلق أو الزيت الهيدروليكى للتجهزيات ذات درجة الحرارة المنخفضة. المثال الهام هو مصانع التبريد، ومحركات الطائرات، والذى قد يكون مطلوباً للبدء والتشغيل عند درجات حرارة تحت الصفر.

لعمل هذين الاختبارين فإنه يستخدم الجهاز الموضح فى الشكل (٩). يتكون هذا الجهاز من قنينه اختبار أسطوانة ذات قاع مستوى، مصنوعة من الزجاج وبقطر حوالى ٣سم وارتفاع ١٢سم. ومحاطة بغلاف معدنى أو زجاجى المثبت جيداً فى حمام التبريد. حمامات التبريد المستخدمة هى كالآتى :

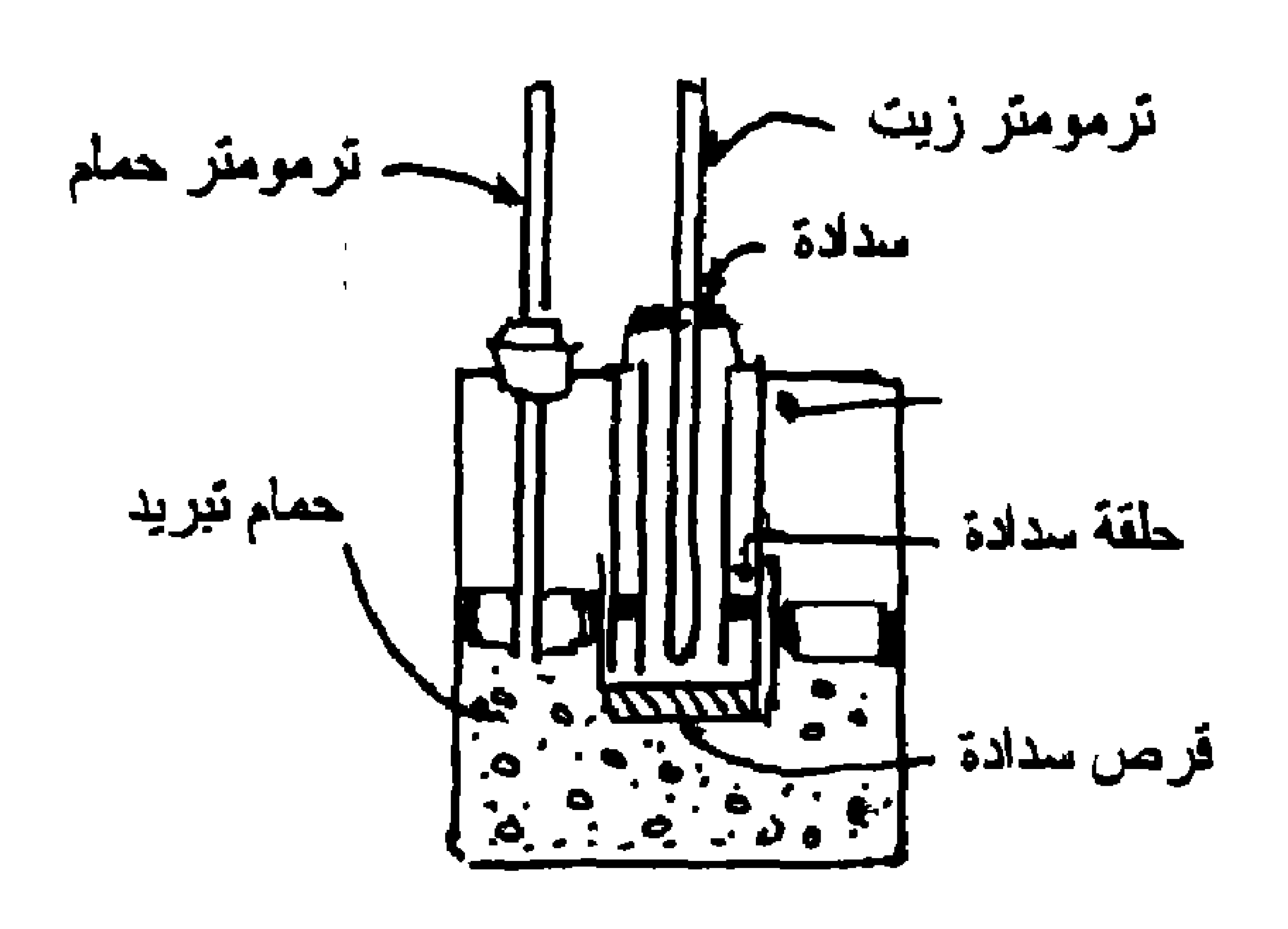
حتى ١٠°م ثلج وماء.

حتى – ١٢°م ثلج مطحون وملح.

حتى – ٢٦°م ثلج ، $CaCl_2$

حتى – ٥٧°م CO_2 صلب، بنزين السيارات (جازولين)

يتم صب الزيت فى قنينة الاختبار حتى ارتفاع ٢ – ¼ بوصة. يتم ادخال ترمومترات قياس الحرارة فى الزيت، وفى حوض التبريد. مع حدوث التبريد خلال الغلاف الهوائى، فإن درجة حرارة الزيت تنخفض. مع كل درجة نزول فى حرارة الزيت يتم سحب قنينة الاختبار لحظياً للكشف وإعادتها فى مكانها فى الحال. درجة الحرارة التى يتم عندها ملاحظة التغيم الأولى تمثل نقطة التغيم. مع استمرار التبريد، عند درجة حرارة معينة يتوقف الزيت عن الانسياب والتدفق فى قنينة الاختبار لمدة خمسة ثوان وذلك عند ميلها إلى الوضع الأفقى، حيث يتم عندئذ تسجيل نقطة الصب .pour Point



شكل (٩) جهاز نقطة الصب

١٧- نقطة الوميض (اشتعال البخار المنطلق، نقطة الاشتعال) :

Flash Point and Fire Point

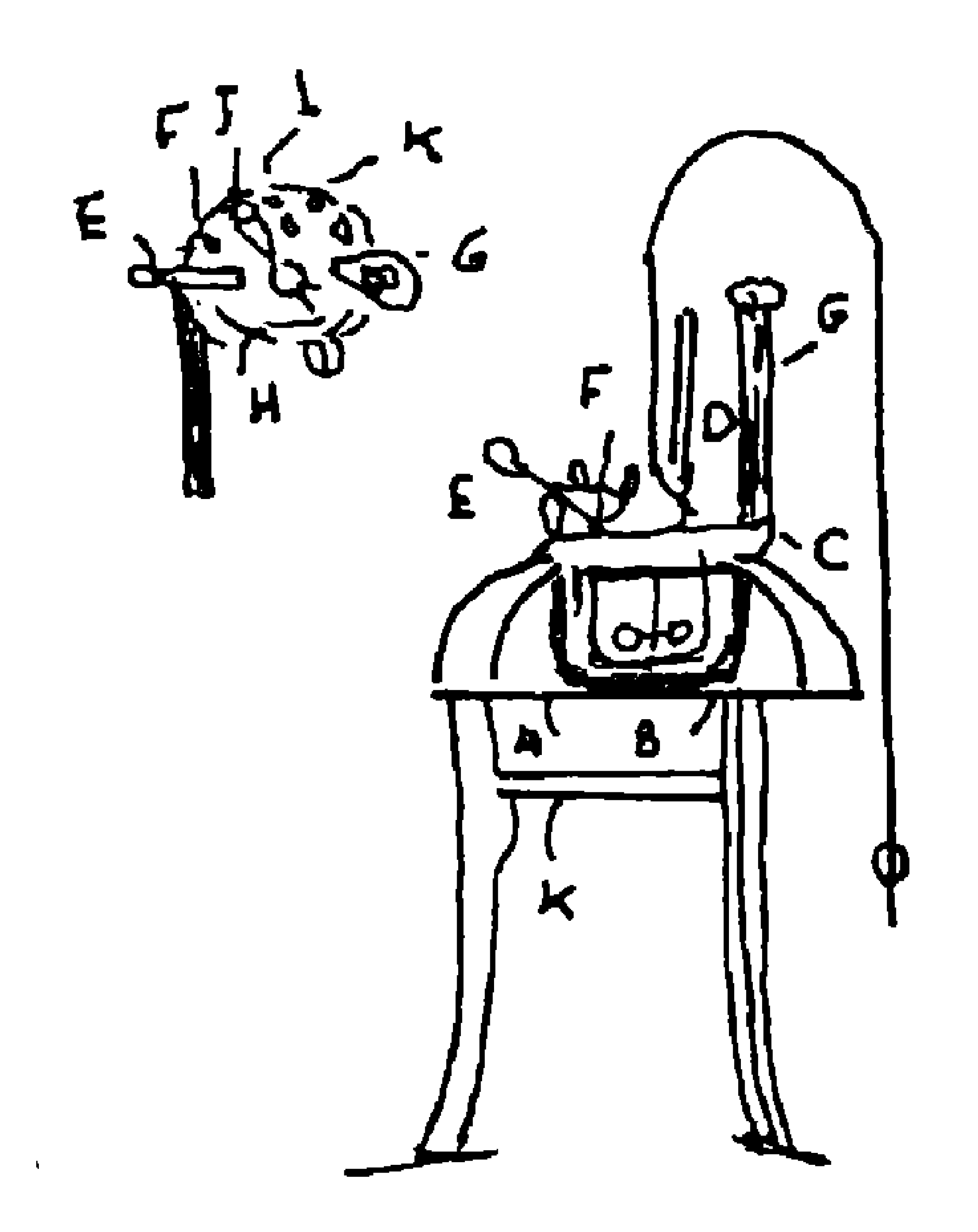
زيت التزليق الجيد يجب أن لا يتبخر عند درجات حرارة الاستخدام، حتى عند حدوث بعض التبخر، فإن الأبخرة المتكونة يجب أن لا تكون خليط مع الهواء قابلاً للاشتعال فى ظروف التزليق. من وجهة النظر هذه فإن كلاً من نقطة الوميض ونقطة الاشتعال لهم أهمية خاصة.

نقطة الوميض للزيت تعرف بأنها أدنى درجة حرارة التى عندها يطلق الزيت أبخرة كافية للحرق اللحظى وذلك عند اقتراب لهب ذو أبعاد قياسية قريباً من سطح الزيت بمعدل معين فى جهاز ذو أبعاد معينة. النقطة الأولى للزيت هى أدنى درجة حرارة التى عندها تحترق أبخرة الزيت باستمرار لمدة لا تقل عن خمسة ثوان، عند اقتراب اللهب القياسى من سطح الزيت الذى يتم تسخينه فى جهاز قياس بمعدل قياسى. فى معظم الحالات، النقطة الأولى للزيت هى حوالى من ٥ - ٤٠ درجة فهرنهيت أعلا من نقطة الوميض.

زيت التزليق الذى يتم اختباره يجب أن تكون له نقطة وميض أعلا من درجة حرارة استخدمه. هذا يضمن الأمان ضد أخطار الحريق أثناء التخزين، النقل والاستخدام لزيت التزليق. بالإضافة، فإن نقطة الوميض للزيت تستخدم عادة كوسيلة للتعرف وكذلك للكشف عن تلوث زيوت التزليق. نقطة الوميض للزيت يتم تعيينها إما بجهاز الفنجال المفتوح أو الفنجال المقفول. فى جهاز الفنجال المفتوح، يتم تسخين الزيت مع تعرض سطحه العلوى إلى الهواء الجوى. جهاز الفنجال المفتوح المستخدم

عادة هو جهاز (Cheveland). جهاز الفنجال المغلق المستخدم عادة هو جهاز (Abel and Penky martin). جهاز الفنجال المغلق يعطى نتائج أكثر تكرارا. نقطة الوميض الناتجة من جهاز الفنجال المفتوح هى عموماً حوالى ١٠ - ٣٠ درجة فهرنهيت أعلا من تلك الناتجة عن جهاز الفنجال المقفول.

عادة يستخدم جهاز الفنجال المفتوح (Cheveland) لتعيين نقطة الوميض لزيوت الوقود والزيوت الأخرى ذات درجة حرارة وميض أقل من ١٧٥ درجة فهرنهيت. جهاز الفنجال المغلق (Abel) أفضل استخدام له للزيوت ذات نقطة وميض أقل من ١٢٠ درجة فهرنهيت، بينما جهاز (Pensky Marten) يستخدم للزيوت ذات درجة حرارة وميض أعلا من ١٢٠ درجة فهرنهيت. نقطة الوميض لزيوت التزليق يتم تعيينها عادة بجهاز (Penky Marten) وهذا هو الأكثر استخداماً لتعيين نقطة الوميض للزيوت ذات نقطة وميض ما بين ٥٠°م إلى ٣٧٠°م. المعالم الرئيسية للجهاز موضحة فى الشكل (١٠).



A= غطاء الزيت

B= وعاء التسخين

C= قلاب

D= ترمومتر

E= موقد حرق

F= موقد رئيسى

G= يد اللولب

K= قرص حامل

H= فتحة القفل والفتح الدوارة

J= فتحة

L= ذراع حمل

شكل (١٠) تعيين درجة حرارة الوميض

وهو يتكون من فنجال من النحاس الأصفر بقطر ٥سم وعمق ٥,٥سم. المستوى الذى يتم به ملئ الفنجال بالزيت هو علامة عند حوالى ١سم أسفل قمة الفنجال. الفنجال يكون محمولاً بواسطة وجهة (Its Flange) فوق وعاد تسخين بطريقة حيث يوجد خلوص بين الفنجال ووعاء التسخين. غطاء الفنجال مزود بأربعة فتحات ذات أبعاد

قياسية، والتى هى لنوع خاص من ذراع التقليب، ترمومتر قياسى، ومـــدخل للهـــواء وتجهيز لإدخال اللهب القياسي. ثقب الفتح والقفل (Shutter) المجهز عند قمة الفنجال له آلية رافعة. عند فتح فتحة الغلق الآلى فإنه يتم فتح الفتحات لاختبار اللهب وللهـــواء وتجهيزه تعرض اللهب تنغمس فى الفتحة فوق سطح الزيت. لهب الاختبار ينطفئ عند دخوله فتحة الاختبار، ولكن بمجرد العودة إلى الوضع الأصلى عند الغلق للفتحة الآلية، فإن اللهب يشتعل ثانياً بواسطة الموقد. يتم صب عينة الزيت تحت الاختبار فى فنجال الزيت حتى العلامة. يتم تثبيت الغطاء على القمة المحتويه علـــى تجهيـــزه التقليـــب والترمومتر وتجهيزه تعرض اللهب. يتم إشعال لهب الاختبار حتى تكون فـــى حجـــم الخرزه حوالى قطر ٤ مليمتر. يتم تسخين الجهاز بحيث تزداد درجة حرارة الزيـــت بحوالى ٦°م فى الدقيقة بينما يدور جهاز التقليب بسرعة حوالى ٦٠ لفة فـــى الدقيقـــة. عند ارتفاع درجة الحرارة حتى ١٥°م من نقطة الوميض المتوقعة، يتم غمـــر لهـــب الاختبار فى بخار الزيت لمدة ٢ ثانية عند كل ارتفاع فى الحرارة درجة واحدة. يـــتم ذلك بلى زر آلى يخفض لهب الاختبار وفى نفس الوقت يقوم بفتح فتحة القفل والفـــتح (Shutter). عند تحرر الزر تنطلق تلك بفعل زنبركى إلى الأوضاع الأصلية. يتم أخذ نقطة الوميض كأدنى درجة حرارة التى عندها ملاحظة لهب واضح عند إدخال لهـــب الاختبار فى فنجال الزيت.

الزيوت المحتوية على كميات صغيرة من المـــواد العـــضوية المتطـــايرة تكـــون معرضة للوميض عند درجة حرارة أقل من نقطة الوميض للزيت. رغم أنـــه يمكـــن ملاحظة قليلاً من الوميض فى مثل هذه الحالات، فإنه يجب عدم الخلط مع الـــوميض الحقيقى، حيث أن كثافته لا تزداد بزيادة درجة الحرارة، مثلما يحدث عند الوصول إلى نقطة الوميض الحقيقية. أدنى نقطة لهب للفنجال المقفل للزيوت التربينية هى ١٥٠°م، وتلك لزيوت العزل هى ١٤٦°م.

اللزوجة ومؤشر اللزوجة : (Viscosity and viscosity index)

اللزوجة هى من أهم خواص زيت التزليق. تكون طبقة سائلة من المزلـــق بـــين أسطح الاحتكاك وتولد حرارة الاحتكاك فى ظروف معينة مـــن التحميـــل، ومـــساحة

كراسى التحميل، الإمداد بالمزلق يتوقف غالباً على لزوجة المزلق وإلى حد ما على قدرته على التزييت (Oiliness). عند وجود خلوص عمل كبير بين أسطح الاحتكاك، فإنه يوصى عموماً بالزيت عالى اللزوجة ليشكل وسادة الاستخدام الوسيط للحمل. ولكن، يكون من الضرورى عادة التضحية ببعض تأثير الوسادة للزيت اللزج بالاستبدال الجزئى بزيت أخف لتوفير التدوير الجيد لنشر وتوزيع حرارة الاحتكاك. إذا كانت لزوجة الزيت منخفضة جداً، فإن طبقة سائل المزلق لا يمكن أن تستمر بين الأسطح المتحركة وينتج عن ذلك زيادة فى البلى. على الجانب الأخر إذا كانت لزوجة زيت التزليق عالية جداً فإنه ينتج عن ذلك احتكاك زائد بسبب عملية القص للزيت نفسه. لذلك فى التزليق الهيدروديناميكى، المزلق الذى يتم اختياره يجب أن تتوفر لديه اللزوجة العالية بما تمكنه من الالتصاق على أسطح التحميل وعدم ضغطه إلى الخارج بفعل الضغط العالى، ولذا تكون السيولة كافية لمنع حدوث المقاومة الزائدة للقص. لذلك فإن من المهم معرفة لزوجة زيت التزليق.

اللزوجة هى مقياس للمقاومة الداخلية لحركة السائل وترجع أساساً إلى قوى التماسك بين جزئيات السائل. اللزوجة المطلقة يمكن تعريفها بأنها قوة التماسك بين جزئيات السائل. اللزوجة المطلقة يمكن تعريفها بأنها قوة التماس على وحدة المساحة اللزمة لاستمرار تدرج (هبوط) فى وحدة السرعة بين مستويين متوازيين فى وحدة مسافة فاصل السائل. وحدة اللزوجة المطلقة هى البويز (Poise) بالسنتيبويز (١: ١٠٠ من البويز). البويز يساوى واحد داين فى الثانية على سم٢. لزوجة الماء عند ٢٠°م هى حوالى ١ سنتيبويز. النسبة بين اللزوجة المطلقة والكثافة لأى سائل تعرف بأنها اللزوجة الحركية (Kinematic Viscosity) ويرمز لها بالرمز (η) ووحداتها هى (Centipoise) , (Stokes)

$$V = \frac{\eta}{P}$$

حيث :

V = اللزوجة الحركية المطلقة م(وهى اللزوجة مقسومة على الكثافة)
Absolute kinematic viscosity

η = اللزوجة المطلقة (Absolute Dynamic Viscosity)

P = كثافة السائل

وحدات اللزوجة المطلقة هى $ML^{-1}T^{-1}$، أبعاد اللزوجة الحركية المطلقة هى $L^{2}T^{1}$.

للأغراض الأكاديمية، عادة يعبر عن اللزوجة بالسنيتبويز أو الستيستوك، ولكن القياسات العملية العادية للزوجة الزيت هى الوقت بالثانية لكمية معينة من الزيت لتسيل خلال فتحة قياس تحت ظروف قياسية. لذلك فإن اللزوجة يتم تعيينها عموماً بجهاز قياس اللزوجة (Red wood Viscometer) وباستخدام (Seybolt's viscometer) فى أمريكا. فى أجهزة قياس اللزوجة التجارية هذه يتم تسييل حجم معين من السائل خلال أنبوبة شعرية ذات أبعاد قياسية تحت ظروف معينة، ويتم قياس زمن التدفق عند درجة حرارة معينة. عادة يتم تقدير النتائج بوحدات الوقت (بالثانية) الذى يستغرقه السائل فى التدفق خلال الفتحة القياسية لجهاز قياس معين، فمثلاً تكون لزوجة الزيت ردوود ١٥٦ ثانية عند ٢٥°م. لزوجة الزيت التى تم تعيينها فى وحدات الزمن تمسى عادة اللزوجة النسبية. نظراً لأن الأجهزة المستخدمة ذات أبعاد قياسية، فإن اللزوجة الحركية للزيت بوحدات سنتيستوك (Centistokes) يمكن حسابها من الوقت الذى يستغرقه الزيت ليسيل خلال الفتحة القياسية من الجهاز، وذلك باستخدام المعادلات الآتية:

للسوائل ذات اللزوجة الحركية أكثر من أو تساوى ١٠ سنتيستوك (M = Ct)

لسوائل ذات اللزوجة الحركية أقل من أو تساوى ١٠ سنتيستوك (M = Ct-B/t)

اللزوجة الحركية بالسنتيستوك (Centistokes) = (M)

ثابت جهاز قياس اللزوجة = (C)

معامل الطاقة الحركية التى يمكن تعيينها بالتجارب المعملية أو عدم استخدامه باختيار زمن تدفق طويل = (B)

للأغراض الروتينية، فإن جهاز اختبار اللزوجة (Test Viscometer) يتم معايرته وتعين الثابت (C) باستخدام محاليل ذات لزوجة معلومة.

القياس الأول المستخدم هو الماء المقطر ذو اللزوجة الكلية ١,٠٠٠٨ سنتيستوك.

المحاليل القياسية المستخدمة الأخرى هى :

محلول سكروز ٤٠%

V = ٤,٣٩سم٣ عند ٢٥°م، P = ١,١٧٣٩٥

محلول سكروز ٦٠%

V = ٣٣,٦٦سم٣ عند ٢٥°م ، P = ١,٢٨٣٣٥

بالنسبة لجهاز قياس اللزوجة ردوود رقم ١ قيم الثوابت كالآتى :

زمن التدفق	B	C
٤٠ – ٨٥ ثانية	١٩٠	٠,٢٦٤
٨٥–٢٠٠٠ ثانية	٦٥	٠,٢٤٧

هذه القيم الثابتة مبنية على نتائج عمل معمل الطبيعة الدولى عند (٢١,١١°م) وبمجالات لزوجة عند درجة الحراره هذه فإن النتائج تكون بدقة ±١%.

ملاحظة : لأغراض المعايرة، فإن اللزوجة الكلية هى وحدات مطلقة ويتم تعيينها فى مقياس اللزوجة فى أنبوبة حرف U ذات أبعاد قياسية.

جهاز قياس اللزوجة حرف U القياسى	المجال	القياسى المستخدم
رقم صفر	٠,٥ – ٢	ماء مقطر
رقم ١	١,٥ – ٦	ماء مقطر
رقم ٢	٥,٤ – ٤٣	محلول سكروز ٤٠%
رقم ٣	٣٢ – ٢٦٠	محلول سكروز ٦٠%
رقم ٤	١٩٠ – ١٥٠٠	غير متاح أى قياسى

جهاز قياس اللزوجة ريدوود رقم (٢) يستخدم للسوائل عالية اللزوجة ويعطى ١٠/١ من قيمة مقياس اللزوجة ريدوود رقم (١).

مؤشر اللزوجة : (Viscosity Index)

لزوجة السائل تقل بزيادة الحرارة نتيجة انخفاض الانجذاب بين الجزئيات بسبب التمدد. لذلك يكون من الضرورى دائماً معرفة درجة الحرارة التى تم عندها تعيين اللزوجة.

فى كثير من الاستخدامات، زيت التزليق يقوم بأدائه فى المعدة خلال مجال كبير من درجات الحرارة. إذا كان هذا يرجع إلى التغيرات الموسمية فى درجات حرارة الجو، فإنه يمكن تنفيذ عمليات الضبط باختيار زيوت مختلفة ذات لزوجة مناسبة لمختلف الفصول. ولكن فى حالة محركات الاحتراق الداخلى، الطائرات.. الخ فإن المزلق المستخدم يجب أن يكون مناسباً عند درجة حرارة البدء المنخفضة وكذلك عند درجات حرارة التشغيل المرتفعة جداً. نظراً لأن لزوجة لزيوت التزليق تنخفض بارتفاع درجة الحرارة، فإنه من المستحيل وجود زيت له نفس اللزوجة خلال هذا المجال المتسع من درجات حرارة التشغيل. ولكن فإنه يمكن اختيار الزيت الذى يكون تغير لزوجته بفعل الحرارة أقل ما يمكن. هذا التغير يمكن توضيحية إما بواسطة منحنى اللزوجة درجة الحرارة أو بواسطة مؤشر اللزوجة. مؤشر اللزوجة هو التعبير الرقمى لمتوسط ميل منحنى اللزوجة درجة الحرارة لزيت التزليق بين ١٠٠ - ٢١٠ درجة فهرنهيت. الزيت تحت الاختبار يتم مقارنته بنوعين من الزيت القياسى لهم نفس اللزوجة عند ٢١٠ درجة فهرنهيت مثل الزيت تحت الاختبار. زيت خام بنسلفانيا أدنى خفض فى اللزوجة مع الحرارة، بينما زيوت الخليج يكون أكبر خفض فى اللزوجة عند ارتفاع درجة الحرارة. لذلك فإن مؤشر اللزوجة لزيت بنسلفانيا اعتبر أنه ١٠٠ وذلك لزيت الخليج = صفر. عندئذ لزوجة الزيت تحت البحث يمكن معرفتها كالآتى :

$$\text{Viscosity Index} = \frac{V_L - V_X}{V_L - V_H} \times 100$$ (مؤشر اللزوجة)

حيث :

V_L = اللزوجة عند ١٠٠° فهرنهيت لزيت الخليج القياسى الذى له نفس اللزوجة عند ٢١٠° فهرنهيت للزيت تحت الاختبار.

V_X = لزوجة الزيت تحت الاختبار.

V_H – اللزوجة عند ١٠٠° فهرنهيت لزيت بنسلفانيا القياسى الذى لـــه نفـــس اللزوجة عند ٢١٠° فهرنهيت لذلك الزيت تحت الاختبار.

لذلك :

كلما كان مؤشر اللزوجة مرتفعاً كلما قل معدل انخفاض اللزوجة مع زيادة درجة الحرارة. عندئذ، فإن الزيوت ذات مؤشر اللزوجة المرتفع أى تلك التى لها منحنيـــات لزوجة – حرارة مستوية تكون مطلوبة لمحركات الاحتراق الداخلى بالتبريد الهـــوائى ولمحركات الطائرات عموماً الزيوت ذات الجاذبية النوعية العالية لها منحنيات لزوجة – درجة حرارة شديدة الانحدار. ولكن كل الزيوت تميل إلى أن تـــصل إلـــى نفـــس اللزوجة عند درجة حرارة أعلا من ٣٠٠°م. عموماً الزيوت الخفيفـــة ذات اللزوجـــة المنخفضة تستخدم فى كراسى التحميل المستوية (Plane Pearings) للمعدات عاليـــة السرعة مثل التربينة، أعمدة الدوران الرفيعة (Spindles)، ومعدات الطرد المركـــزى بينما الزيوت ذات اللزوجة العالية تستخدم مع كراسى التحميل المستوية للمعدات ذات السرعة البطيئة.

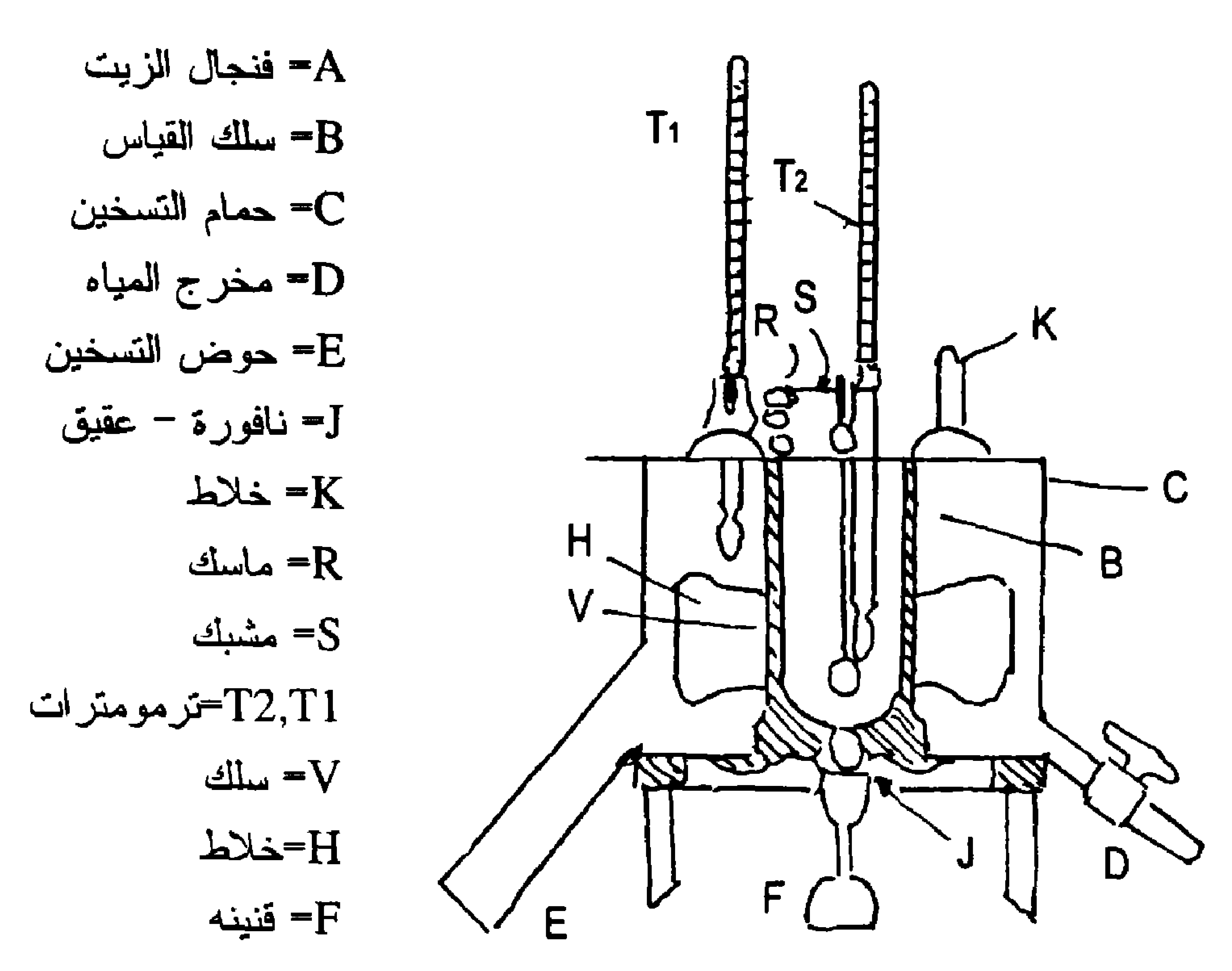
جهاز قياس اللزوجة ريدوود : (Redwood viscometer)

جهاز قياس اللزوجة ريدوود يصنع فى حجمين. ريـــدوود –١ المـــستخدم عـــادة لتعيين لزوجة زيوت التزليق وله زمن إنبثاق (EFFLUX) ٢٠٠٠ ثانية أو أقل. ريدوود –٢ يشبه ريدوود –١ ولكن بزبوز البثق (Jet) لتدفق الزيت الخارج له قطـــر أكبـــر ولذلك يعطى زمن إنبثاق حوالى ١٠/١ من ذلك باستخدام الجهـــاز –١ تحـــت نفـــس الظروف المشابهة. لذلك فجهاز ريدوود–٢ يستخدم للزيوت ذات اللزوجة العالية، مثل زيوت الوقود.

جهاز قياس اللزوجة ريدوود لا يعطى قياس مباشر للزوجة فى وحـــدات مطلقـــة ولكنه يمكن من مقارنة لزوجة الزيوت بقياس زمن الانبثاق لـــ ٥٠سم٣ من الزيـــت، خلال فتحة بثق قياسية من الجهاز تحت الظروف القياسية. النتائج التى يتم الحـــصول عليها بهذين الجهازين يتم تسجيلها كلزوجة "ريدوود –١" لزوجة ريدوود–٢ يلى ذلـــك زمن الانبثاق بالثوان عند درجة حرارة التجربة.

الوصف :

جهاز قياس اللزوجة ريدوود-١ الموضح فى الشكل (١١) يتكون أساساً من فنجال زيت أسطوانى قياسى مصنوع من النحاس الأصفر ومغطى من الداخل بطبقة من الفضة وارتفاعه ٩٠ مليمتر وقطره ٤٦,٥ مليمتر.



شكل (١١) جهاز قياس اللزوجه تيدوود

الفنجال مفتوح عند النهاية العليا. وهو مزود ببائق عقيق (Agate Jet) عند القاع (فى حالة جهاز قياس اللزوجة ريدوود-٢ يكون قطر الفتحة ٣,٨ مليمتر، والقطر الداخلى ٥٠ مليمتر). قطر الفتحة ١,٦٢ مليمتر والطول الداخلى ١٠ مليمتر. السطح العلوى للعقيق مصقول إلى الشكل المقعر الذى فيه كرة من النحاس الأصفر المغطى بطبقة من الفضة المتصلة بسلك متين يمكن وضعه بالطريقة الذى تكون فيها القناة مقفلة تماماً وتسرب الزيت من الفنجال خلال الفتحة لا يمكن حدوثه. الفنجال مزود بمؤشر الذى يبين المستوى الذى سيتم إليه ملئ الزيت فى الفنجال. غطاء الفنجال مزود بتجهيز لتثبيت الترمومتر لبيان درجة حرارة الزيت. فنجال الزيت يكون محاطاً

بوعاء أسطوانى من النحاس محتويا على ماء الذى يعمل كحمام ماء بواسطة موقد غاز طبقاً لما هو عليه الحال. يتم توفير ترمومتر لقياس درجة حرارة الماء. يوجد قــلاب بأربع ريش تقليب فى حمام الماء لاستمرار الحرارة المتجانسة فى الحمام وبذا يمكــن من تجانس التسخين للزيت. القلاب مزود بفلنجة منحنية عريضة عند القمــة للعمــل كدرع لمنع أى طرطشة للماء فى أسطوانة الزيت. كل الجهاز محمل على حامل ثلاثى مزود بقلاووظ ضبط المنسوب عند قاع الثلاث أرجل. حمام الماء مزود بمخرج لإزالة الماء عند الحاجة. يستخدم منسوب كحولى لضبط منــسوب الجهــاز، بوتقــة ســعت ٥٠سم٣ لاستقبال الزيت من مخرج الباثق.

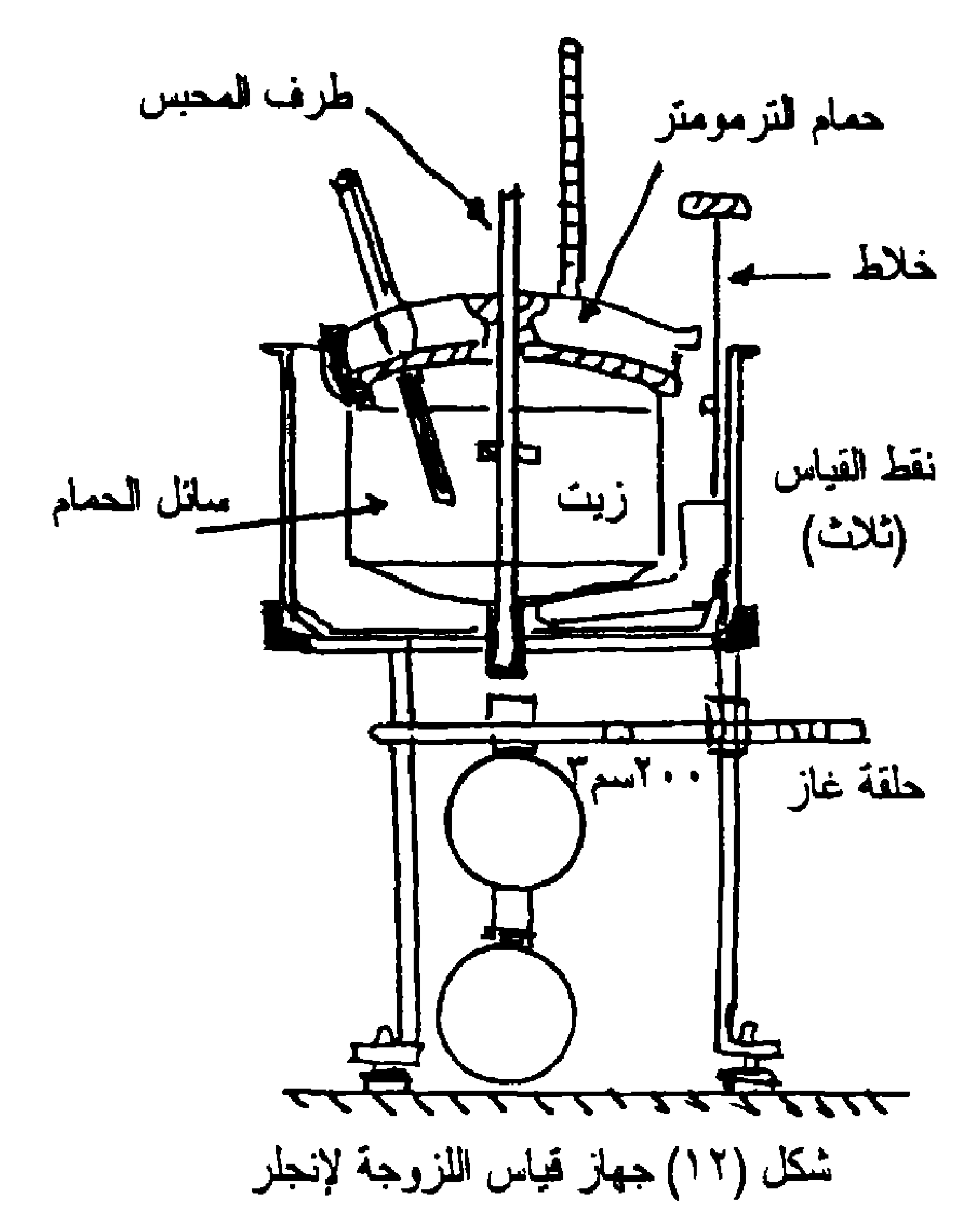
العمل : (Working)

يتم ضبط منسوب الجهاز بمساعدة لوالب ضبط المنسوب علــى الحامــل ثلاثــى القوائم. يتم ملئ حمام الماء بالماء إلى الارتفاع المقابل إلى طرف المؤشر الــذى يــتم غليه ملئ الزيت فى الفنجال الأسطوانى. يتم قفل الفتحة (Orifice) وذلك بوضع الكرة من النحاس الأصفر فى مكانها. عندئذ يتم صب الزيت تحت الاختبار وبحذر فى فنجال الزيت حتى طرف المؤشر. يتم وضع القنينة ٥٠سم٣ فى المكان أسفل نــافورة البثــق (Jet). يتم التقليب الجيد للزيت والماء مع التسجيل الجيد لدرجات حرارتهما. يتم رفع الكره وتعليقها من سناد الترمومتر. فى نفس الوقت يتم بدء تشغيل الساعة الميقاتيــة. عند وصول منسوب الزيت الساقط فى شكل نقاط إلى القنينة ولمجرد الوصــول إلــى علامة ٥٠سم٣، يتم إيقاف الساعة الميقاتية وتسجيل الزمن بــالثوانى. يــتم اســتبدال محبس الكورة فى الوضع الأصلى لمنع التدفق العلوى للزيت. يــتم تكــرار التجربــة وتسجيل متوسط قيمة الوقت لتدفق ٥٠سم٣ من الزيت بالثوان (t)، ريــدوود-١ عنــد درجة حرارة مئوية. درجة حرارة الاختبــار العاديــة عنــد ٢١,١١°م (٧٠ درجــة فهرنهيت)، ٦٠°م _١٤٠ درجة فهرنهيت)، ٩٣,٣٣°م (٢٠٠ درجة فهرنهيت).

أثناء الاختبار يتم تغليف وحماية قنينة القياس من تيارات السحب بمساعدة أغلفــة معدنية مزودة مع الجهاز.

جهاز قياس اللزوجة إنجلر : (Engler Viscometer)

هذا الجهاز موضح تخطيطياً فى الشكل (١٢).



شكل (١٢) جهاز قياس اللزوجة لإنجلر

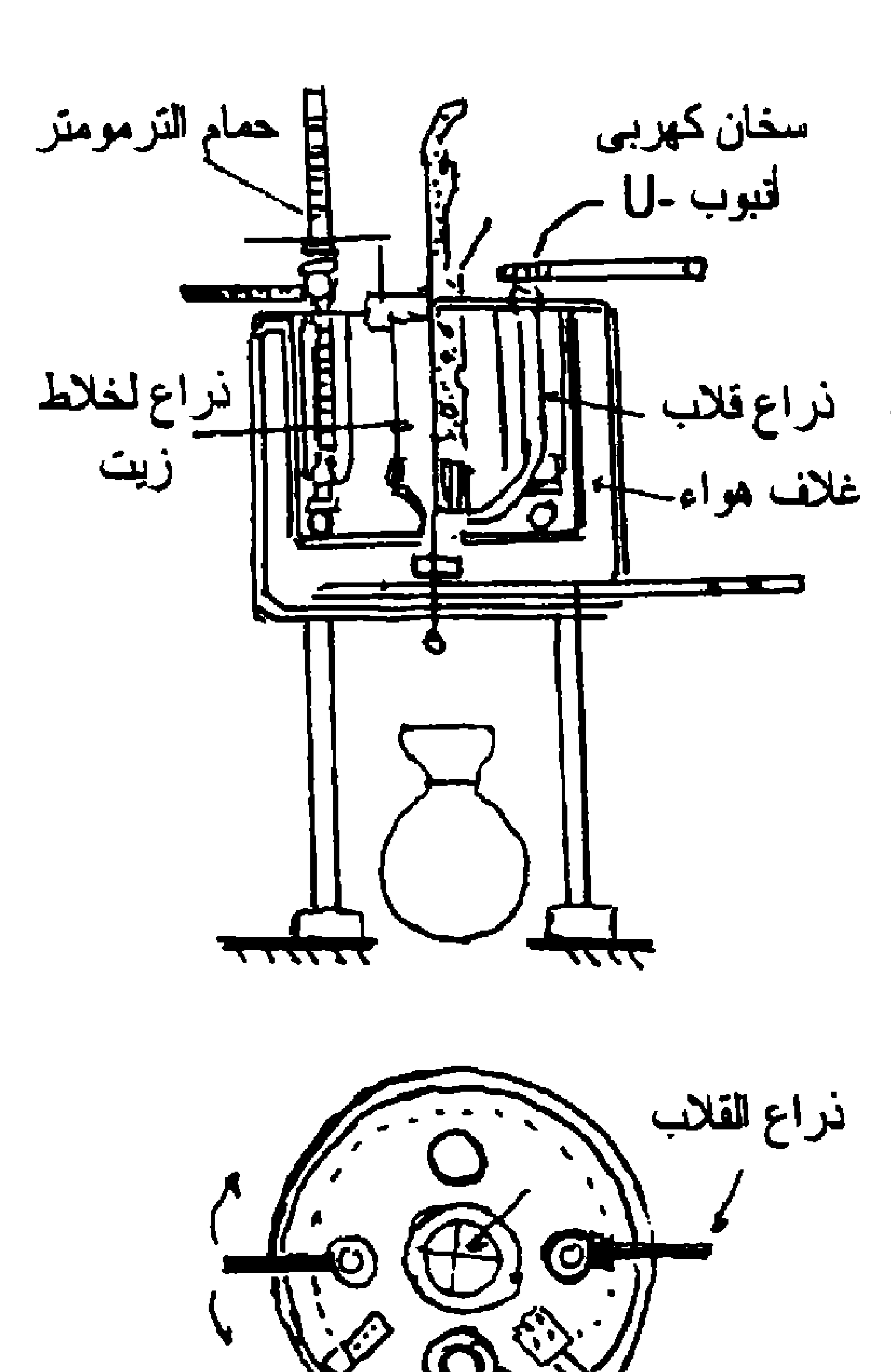
يتم تسخين حمام الماء بموقد غاز (Gas - Ring) ويتم الحافظة على درجة حرارته بواسطة قلاب. يتم تجهيز أسطوانة الزيت بالثلاث نقاط للقياس (Three Gauge Points) التى تبين كمية الزيت اللازمة وكذلك كوسيلة لجهاز ضبط المنسوب. (الغطاء الغير محكم الحامل للترمومتر يمكن تدويره بلطف لتقليب الزيت). نافوره البثق يتم استدفاقها بدقة وتصنع من البلاتين للعمل القياسى ومن النيكل للعمل العام. مسمار المحبس، الذى يرتكز على نافورة البثق، يتم رفعه عند بداية الاختبار وحمله فى الغطاء بواسطة مسمار – متقاطع. مع رفع مسمار المحبس، يتم بدء الساعة الميقاتية وتعيين زمن التدفق لـ ٢٠٠سم٣ من الزيت.

يتم تقدير اللزوجة بدرجات انجلر (Degrees. E)، باستخدام الماء كقياسى. زمن التدفق الخارج لـ ٢٠٠سم٣ للماء عند ٢٠°م يؤخذ أنه ٥٢ ثانية. اللزوجة

بدرجات إنجلر يتم حسابها بقسمة الوقت بالثوانى لتدفق ٢٠٠سم٣ للزيت بزمن التدفق لـــ ٢٠٠سم٣ للماء عند ٢٠°م.

جهاز قياس اللزوجة : Say Bolt

وحدة جهاز قياس اللزوجة (Say Bolt) موضحة فى الشكل (١٣) وهى الوحدة المنفردة.



شكل (١٣) جهاز قياس اللزوجة (Soybolt)

فى جهاز قياس اللزوجة بالوحدة المزدوجة يمكن وضع عدد من فناجيل الزيت فى نفس الحوض بما يمكن من اختبار عدد من الزيوت فى نفس الوقـت. يمكـن تزويـد الأجهزة بسخان غمر كهربى أنبوب U لتسخين البخار أو لتبريد الماء، موقد غاز الذى يوضع داخل غلاف هوائى يحيط بحمام الماء. يتم تقليب سائل الحمام بتدوير الغطـاء

بواسطة ذراعين. يمكن تنظيم درجة الحرارة بتدفق ماء دافئ أو بارد خلال الأنبوب U مهما كان نظام التسخين المستخدم. الباثق يصنع من معدن صلب لا يتآكل مثل الصلب المقاوم أو معدن المونيل (Monel Metal). الطرف السفلى للباثق ينفتح فى أنبوبة أكبر. هذه الأنبوبة عند غلقها بالفلين، تصبح غرفة هواء مقفلة تمنع الزيت من التدفق إلى الخارج.

للبدء بالاختبار، يتم تجهيز الحمام إلى درجة حرارة الاختيار وتسخين الزيت إلى نفس درجة الحرارة فى وعاء منفصل. يتم عندئذ صب الزيت فى أسطوانة الزيت والتقليب بترمومتر الزيت، أى زيادة فى الزيت الذى يتدفق نحو الرواق المحيط. عندما يكون الزيت والحمام عند نفس درجة الحرارة، يتم إزالة ترمومتر الزيت وسحب الزيت الزائد من الرواق بواسطة سحاحة، سحب السدادة وبدء الساعة الميقاتية. يتم تنظيم وضع قنينة الجمع حيث سريان الزيت يصطدم برقبتها وبذا يتم تجنب تكون رغاوى. زمن التدفق لـ ٦٠سم٣ من الزيت هو اللزوجة الثوان عند درجة حرارة اختيار جهاز القياس (Say Bolt).

لكل السوائل اللزجة، يستخدم جهاز قياس اللزوجة بباثق أضخم يعرف جهاز قياس اللزوجة (Say Bolt Furol) العالى، وهذا الجهاز يمكن استخدامه للزيوت ذات زمن تدفق اكثر من ٣٢ ثانية. لا يوجد حد أقصى، ولكن عموماً، بالنسبة للسوائل ذات زمن تدفق أكثر من ١٠٠٠ ثانية، يفضل استخدام هذا الجهاز.

مثال :

عينة زيت تحت الاختبار لها لزوجة (Say Bolt) ٦٤ ثانية عند ٢١٠ درجة فهرنهيت، ٥٦٤ ثانية عند ١٠٠ درجة فهرنهيت. اللزوجة المنخفضة القياسية (زيت الخليج) له لزوجة (Say Bolt) ٦٤ ثانية عند ٢١٠ درجة فهرنهيت، ٧٧٤ ثانية عند ١٠٠°فهرنهيت. معيار اللزوجة العالى (زيت بنسلفانيا) أعطى لزوجة (Say Bolt) بقيم ٦٤ ثانية عند ٢١٠ درجة فهرنهيت، ٤١٤ ثانية عند ١٠٠ درجة فهرنهيت. احسب مؤشر اللزوجة لعينة الزيت تحت الاختبار.

الحل :

مؤشر اللزوجة للزيت تحت الاختبار = $100 \times \frac{V_L - V_X}{V_L - V_H}$

$$100 \times \frac{210}{300} = \left(\frac{774-564}{774-414}\right) = 58.33$$

جهاز مقياس اللزوجة – الأنبوب U : U- Tube Viscometer

الجهاز المستخدم حالياً لتعيين اللزوجة المطلقة لزيوت التزيــق هــو مقيــاس اللزوجة القياسى – الأنبوب U، الذى هو شكل مطور لمقياس (Ostwald).

الشكل الحديث لجهاز قياس اللزوجة – الأنبوب U موضح فى الشكل (١٥ – أ)، والذى يصنع فى ٨ أحجام.

تعيين اللزوجة المطلق لزيوت التــزليج بــالأنبوب U مبنــى علــى قــانون (Poiseulle).

$$V = \frac{p\pi r^4 t}{8I\eta}$$

حيث :

V = حجم السائل المتدفق خلال الأنبوبة الشعرية لطول Iسم من القطر المتجانس "r" فى زمن (t) ثوان، η (بويز) (Poise) هو معامل اللزوجة للــسائل عنــد درجــة حرارة معينة. العلاقة تكون صحيحة فقط إذا كان التدفق غير مضطرب وبطيئــاً بمــا يكفى لتكون الطاقة الحركية مهملة.

تعيين اللزوجة المطلقة بواسطة جهاز قياس اللزوجة الأنبوب -U أساساً تتكون من قياس وقت المرور خلال الشعرية لحجم ثابت من الــسائل تحــت متوســط ضــغط هيدروستاتيكى ثابت (P) للسائل. إذا كانت كثافة السائل هى "d" عندئذ $P \alpha\ d$ وحيــث أنه لجهاز قياس لزوجة معين، أظهرت معادلة (Poiseuille) أن

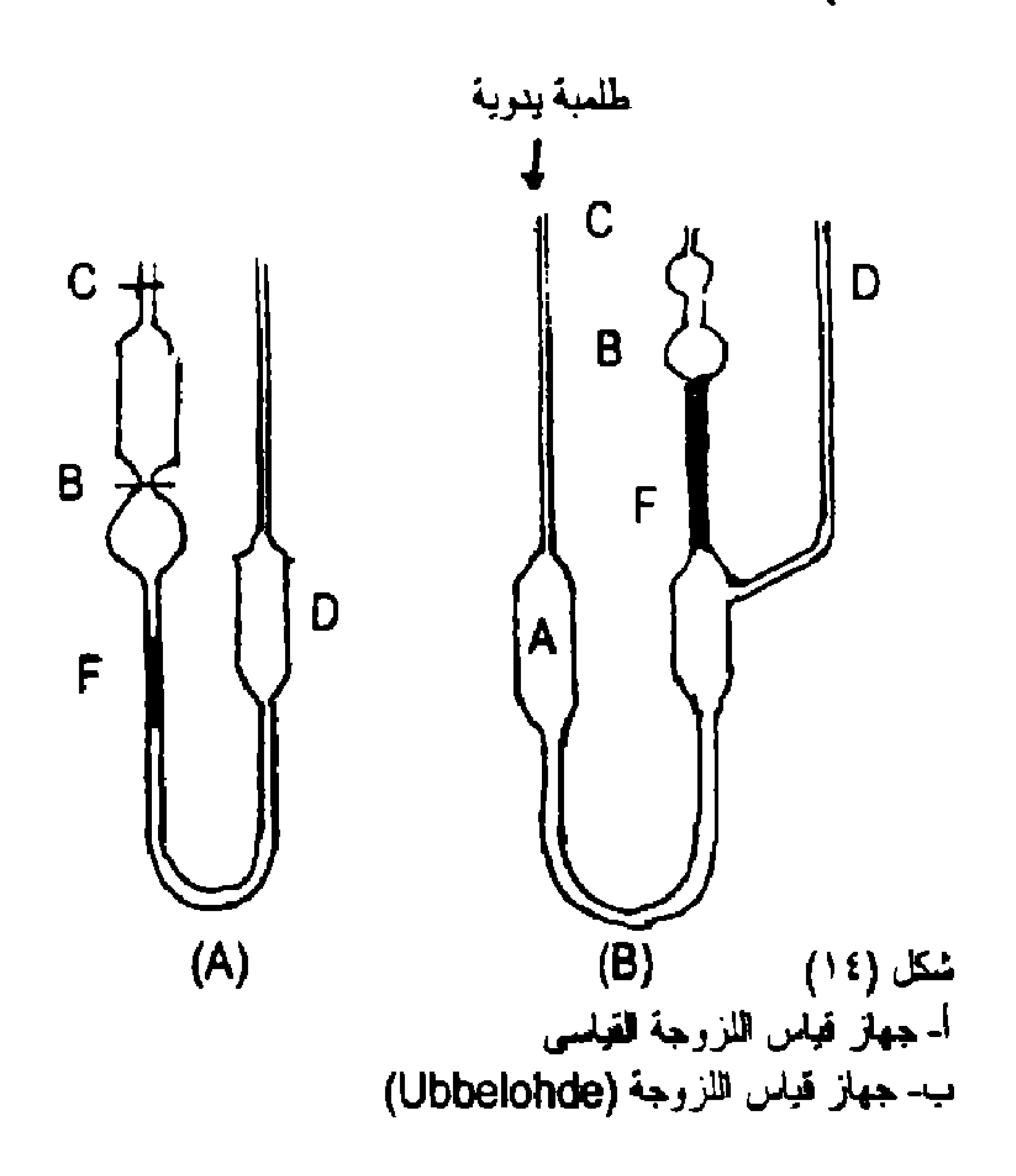
$$\eta \alpha t d$$
$$\eta = k t d$$

حيث k هو ثابت النسبيه ويلزم تعيينه لكل جهاز قيــاس اللزوجــة مــن أبعــاده المعلومة أو بالمعايرة مع سائل (مثل الماء) حيث يكون معامل للزوجة معلوماً.

اللزوجة الحركية المطلقة V (nu) بالسنتيستوك (In Centistokes) يمكن تعيينهـا بقسمة اللزوجة الديناميكية المطلقة (η) على (P) كثافة السائل. قد توجد أخطاء لعـدم وضع الانبوب U فى الوضـع الرأسى. يمكن خفض هذا الخطأ إلى أقل ما يمكن بتعديل جهاز قياس اللزوجة بحيث تكون بصيله الصرف رأسية فوق بصيلة الاستقبال. وهـذا يتطلب ميل الأنبوب الشعرى. سلبيه أخرى لمقياس U القياسى هى أن الحجم الصحيح للسائل يجب أن يستخدم فيها. عند الحاجة إلى القراءة خلال مجال درجات الحـرارة، فإن حجم السائل يلزم ضبطه عند كل تغير فى درجة الحرارة هذا بالضبط يصبح غير ضرورى إذا كان منسوب السائل عند نهاية الصرف للشعرى يمكن المحافظـة علـى ثباتة. تم تصميم العديد من الأجهزة بهذا الغرض، مثال هو جهـاز قيـاس اللزوجـة (Suspended Level Viscometer due to Ubbelohde) شكل (١٤-ب).

فى هذا السائل الذى يترك الشعرية يدخل بصيلة الصرف خلال فتحة جرس كبير الذى يتم تهويته إلى الجو بواسطة أنبوبة. السائل الذى يترك الشعرية فإنه يسيل فـوق السطح الداخل لطرف فتحة الجرس وبذا تتم المحافظة على ثبات منسوب الصرف عند نقطة الخروج من الشعرية.

تستخدم أجهزة قياس اللزوجة بالتدفق المعاكس لتعيين لزوجة الـسوائل المعتمـة. زمن التدفق هو الزمن اللازم لارتفاع منسوب السائل بـين أعـل وأسـفل علامـات التوقيت. لزوجة السائل الـشفافة يـتم كـذلك تعيينهـا باسـتخدام جهـاز اللزوجـة (Standard Falling Sphere).



شكل (١٤)
أ- جهاز قياس اللزوجة القياسى
ب- جهاز قياس اللزوجة (Ubbelohde)

تحويل لزوجة ريدوود، إنجلر، سى بولت إلى وحدات مطلقة

Conversion of Redwood, Engler and Saybolt into Absolute Units

يمكن تحويل اللزوجة بتلك القياس إلى وحدات مطلقة سنتى ستوك (Centistoke) ولكن، نظراً لأن تلك الأجهزة ليست الطرق المثالية لتعيين اللزوجة المطلقة فإن قيم التحويل تعتبر فقط تقريب جيد وكذلك فقط عند أخذها عند نفس درجة الحرارة. فمثلاً، لزوجة ريدوود عند ٣٠°م لا يمكن تحويلها إلى وحدات مطلقة عند ٤٠°م لأن مختلف السوائل لها علاقات لزوجة مختلفة باختلاف درجات الحرارة. تحويل اللزوجة النسبية السابقة إلى لزوجة كلية يتم بمساعدة المعادلة الآتية

$$V = Ct - B/t$$

حيث :

V = هى الزوجة الحركية الكلية بالسنتيستوك

T = زمن التدفق بالثوانى

B , C = ثابت

القيم الآتية للثابت B , C :

الجهاز	قيمة الثابت C	قيمة الثابت B
ريدوودر قم ١	٠,٢٥	١٧٢
ريدوود رقم ٢	٢,٧٢	١١٢٠
سى بولت	٠,٢٢	١٨٠
إنجلر	٠,١٤٧	٣٧٤

ملاحظات :

١- t = (درجات إنجلر) × ٥٢.

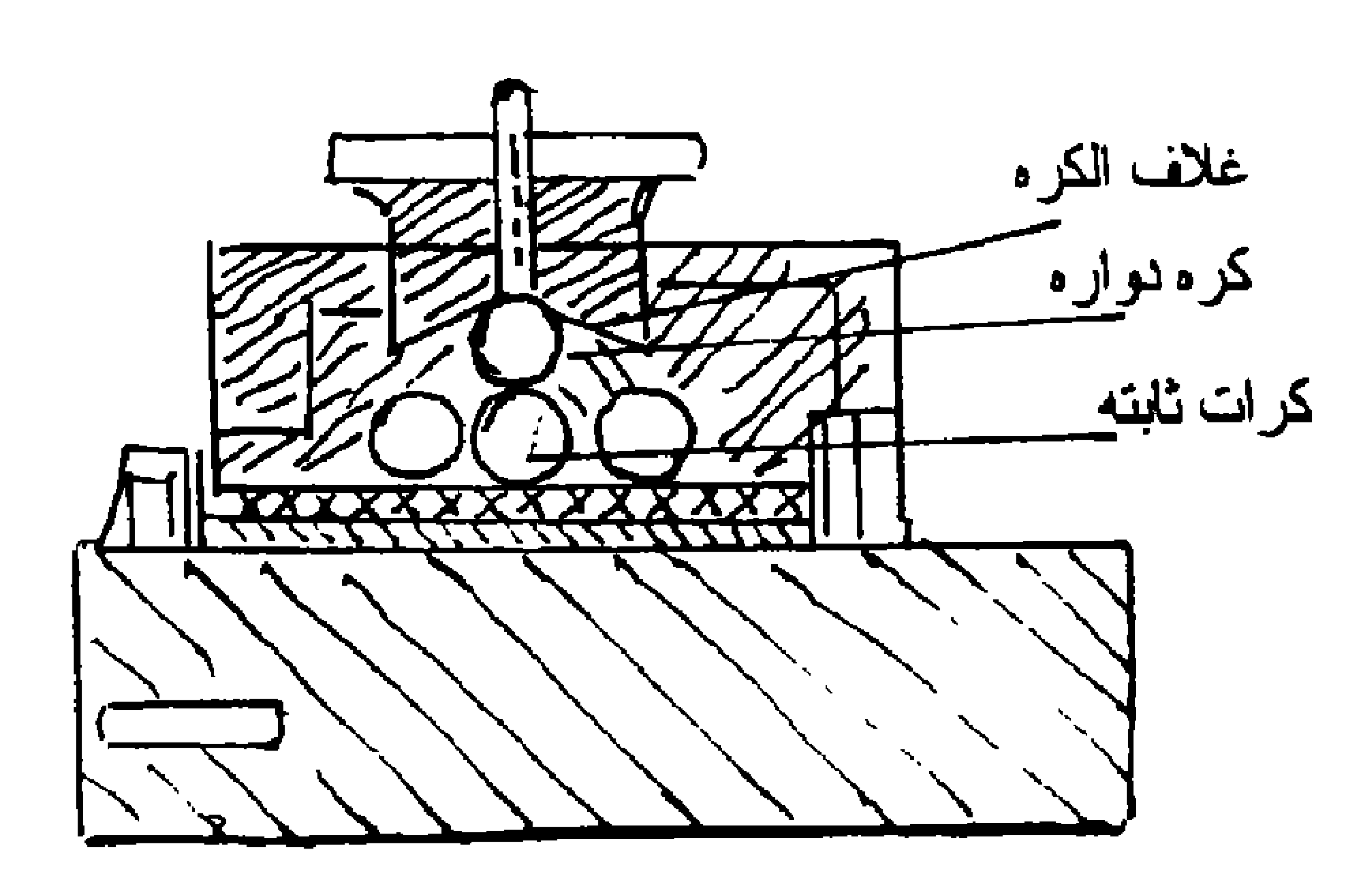
٢- ريدوود - ثوان رقم (١) = ٠,٨٨ ثوان سى بولت.

٣- دردات إنجلر = ٠,٠٣٢٨ ريدوود - ثوان رقم (١)

٤- للنتائج الدقيقة يلزم تعيين ثوابت التحويل بالتجارب العملية عند درجة الحرارة المطلوبة.

١٩- الاختبارات الميكانيكية :

تم تقسيم الاختبارات الميكانيكية إلى اختبار كفاءة زيت التزليق تحت ظروف التشغيل من درجة الحرارة، التحميل ..الخ. من بين هذه الاختبارات هو اختبار المزلق بالضغط الفائق للأربع كرات "Four Ball Extreme Pressure Test" الجزء المستخدم فى هذه الآلة يتكون من ثلاث كرات من الصلب معلقين فى حلقة والكرة العلوية الرابعة ملتصقة بهم وهذه الكره المعلقة عند نهاية عامود رأسى الذى يدور بسرعة ثابتة بمحرك كهربى شكل (١٦). الثلاث كرات الثابتة يتم ضغطهم إلى أعلا ضد الكره الرابعة برافعة حاملة حمل يمكن ضبطه. عزم اللى والتدوير (Torque) الذى ينقل إلى الكرات الثلاث المثبتة يمكن قياسه وعند اللزوم، يمكن تسجيل معامل الاحتكاك باستمرار خلال الاختبار. نقاط الكرات يتم تزليقها بالمزلق تحت الاختبار الموجود فى فنجال محيطاً بتجهيز الكرات. فى الاختبار البسيط للتزليق، أعلا حمل يمكن أن تثبت عنده الكره لمدة دقيقة واحدة بدون انضغاط يمكن أخذه كقياس لنوعية المزلق.



شكل (١٥) آله الاختبار بالأربع كرات
عند الضغط الفائق

الفصـــل الخامس

إختبار المزلقات

اختبار المزلقات : (Selection of Lubricants)

يمكن تقسيم الزيوت الصناعية إلى أحد الأنواع الآتية :

١- زيوت المحركات والمعدات.

٢- زيوت الأعمدة الدوارة الرفيعة (Spindle Oil)

٣- زيوت التبريد.

٤- زيوت التدوير.

٥- زيوت التروس.

٦- زيوت أسطوانة البخار.

من الواضح، أن الخواص المطلوبة فى كل من التقسيمات السابقة لزيوت التزليق تختلف. اختيار المزلقات الصناعية فى أى صناعة ميكانيكية يشمل مراعاة متطلبات المعدات، الطرق المتاحة لتداول والاستخدام المزلق نفسه والظروف البيئية. عموماً، من المنطقى، استخدام المزلقات طبقاً لتوصيات المنتج للمعدة المستخدمة أو بواسطة شركات البترول القياسية وذلك لضمان أقصى عمر لخدمة المعدة.

عند اختيار مزلق لاستخدام معين، يكون من المهم مراعاة الخواص المختلفة للمزلق المطلوب بالنسبة لظروف الخدمة.

العناصر الميكانيكية التى تطلب استخدام المزلق فى أى معدة هى كراسى التحميل، التروس والأسطوانات (تجويف مكبس المحرك). تلك العناصر البسيطة تعمل تحت ظروف تشغيل مختلفة فى مختلف المعدات والآلات، والمزلقات يجب أن تصمم لتوفير الحماية المناسبة لها. بعض العوامل الهامة التى يلزم مراعاتها هى تأثير الحمل، درجة الحرارة، السرعة التى تعمل عندها تلك العناصر وكذلك الملوثات التى يمكن أن تؤثر على كفاءة المزلق المستخدم. الخواص المطلوبة فى المزلقات لمختلف أنواع الماكينات تم تخليصها فى الجدول الآتى :

خواص المزلقات اللازمة لمختلف أنواع المعدات

نوع المعدة	وظيفة وخواص زيت التزليق المطلوب
١- زيوت محركات الاحتراق الداخلى	محركات الاحتراق الداخلى هى أصعب قطعة معدات من وجهة نظر التزليق. خواص الزيت المطلوب هى: ١- التزليق خلال مجال كبير من درجات الحرارة. ٢- الثبات الحرارى وخواص الانتقال الحرارى الجيد. ٣- حماية حلقات المكبس من البلى وبطانات (قمصان) الأسطوانة (السيليندر) المعرضة لضغوط العالية. ٤- توفير عزل بين حلقات المكبس وحوائط الأسطوانة من غازات الحرق عالية الضغط. ٥- النظافة لمنع الترسيبات وتكون اللاكيهات بسبب التحلل الحرارى للزيت عند درجات الحرارة العالية. ٦- منع حدوث التآكل والصدأ فى الأجزاء الداخلية للمحرك.
٢- زيت الأعمدة الدوارة Spindle Oils.	٧- منع التلوث من الترسيبات. لتزليق أعمدة الدوران ذات الأحمال الخفيفة بسرعات عالية جداً، الزيوت الخفيفة تعتبر أساسية. يلزم إضافة مثبطات للأكسدة والصدأ. الزيوت ذات لزوجة تتراوح ماب ين ٣٠ إلى ١٠٥ (Say Bolt Seconds) عند ١٠٠ درجة فهرنهيت تعتبر مناسبة لاستخدامات كثيرة.
٣- زيوت التبريد.	الزيوت ذات نقاط منخفضة للضباب والعتامة، للصب، وللتدفق تكون مطلوبة فى نظم التبريد. الزيوت ذات الأساس من (Naphthenic) هى فقط التى لها تلك الخواص. كثيراً من المنتجين يشترط أدنى توصيل كهربى لضمان جفاف الزيت وخلوه من الرطوبة المذابة. مواصفات (IS 4578 - 1968) لزيوت التبريد ذات أربع درجات من اللزوجة ٨٥، ١٦٠، ٢٠٠، ٣٢٥ عند ١٠٠ درجة فهرنهيت (٣٦°م). متطلبات نقطة الصب هى - ٤٠ درجة فهرنهيت كحد أقصى للدرجة الأخف، -١٣ درجة فهرنهيت

	للدرجة الأثقل.
٤- زيوت التدوير (أ) التربينات	زيوت ذات لزوجة حولى ١٥٠، ٢٢٠ عند ١٠٠ درجة فهرنهيت بمقياس (SVS - Say Bolt Universal Standard)، وهذه تستخدم عادة للتربينات التى تعمل بالتروس وبالتشغيل المباشر. الزيوت المستخدمة فى المعدات البحرية تكون ذات لزوجة ٤٠٠ SUS عند ١٠٠ درجة فهرنهيت. ظروف التزليق فى المحركات التربينية التى تعمل بالبخار تكون صارمة. يلزم ثبات عالى جداً ضد الأكسدة وضد التفاعل الكيميائى. يلزم كذلك إضافات مضادة للأكسدة والصدأ والرغاوى.
(ب) النظم الهيدروليكية	الخواص الهامة المطلوبة هى اللزوجة المناسبة، مؤشر اللزوجة العالى، خاصية عدم الاستحلاب، ثبات جيد ضد الأكسدة والصدأ، مقاومة البلى، نقطة صب منخفضة. لزوجة الزيوت المطلوبة فى النظم الهيدروليكية هى ١٥٠، ٢١٠، ٣١٠، ٤٠٠ بجهاز (SUS) عند ١٠٠ درجة فهرنهيت، للدرجات الأعلى، المتوسطة، والثقيلة المتوسطة، الدرجات الثقيلة على التوالى.
٥- زيوت التروس	الأنواع المختلفة من التروس مثل الترس المعدول المسنن بموازاة المحورى (Spur)، الترس المخروطى (Berel)،الترس اللولبى (Helical) الترس اللولبى المزدوج (Herring)، التروس متخالفة المحاور (Hypoid)، الدودية (Warm)، تلك التروس تستخدم في غلاف يمسى صندوق التروس لنقل الطاقة. الزيوت يجب أن يكون لها مقاومة ضد الأكسدة، ولها اللزوجة المناسبة، مؤشر لزوجة عالى، خاصية الضغط العالى، خاصية مقاومة الرغاوى وعزل الماء.
٦- زيوت أسطوانات البخار.	يلزم أفضل نوعية للزيوت ذات مؤشر اللزوجة العالى. اللزوجة ١٦٥، ٢٢٠، ٣٠٠ بمقياس SUS عند ٢١٠ درجة فهرنهيت هى المناسبة لتغطية متطلبات معظم زيوت الأسطوانة. الزيوت المعدنية المستقيمة تستخدم للبخار

	المحمص (Super Heated) بينما الزيوت المركبة تستخدم فى البخار الرطب أو الشبع. الزيوت المركبة تحتوى على إضافات من الزيوت المثبتة وعوامل استحلاب التى تساعد فى تكوين مستحلب مقلوب مع الماء.
٧- زيوت القطع	خاصية تزليق جيدة، لزوجة منخفضة ليمكنها ملئ الشقوق المتكونه على قطعة الشغل، توصيل حرارى عالى، ثبات كيميائى، مقاومة التآكل وخاصية مقاومة العفن والقدرة على التطهير. مع أهمية التزليق الجيدة والتبريد.
٨- زيوت المحولات	زيوت التزليق المستخدمة فى المحولات الكهربية يجب أن يكون لهاخاصية العزل الكهربى العالى لعزل لفات السلك. كما يجب أن تكون لزوجتها منخفضة، مقاومة للأكسدة، الثبات الكيميائى تحت ظروف التشغيل. الزيوت المستخدمة هى الزيوت عالية النقاء بدون أى آثار للرطوبة أو للأوساخ، ولها خواص العزل الكهربى الجيد، مقاومة الأكسدة والثبات الكيماوى.
٩- المزلقات المستخدمة للمعدات التى تعمل عند الضغوط العالية والسرعات المنخفضة مثل الجرارات والهراسات، المخارط، خلاطات الخرسانة، ووصلات قضبان السكك الحديدية حيث لا تصلح طبقة الزيت أو الشحم للتزليق.	مزلقات صلبة مثل الجرافيت هى التى تستخدم إما فى شكل مسحوق جاف أو فى شكل مستحلب أو فى شكل جرافيت غروانى (Aquadag).
١٠- الماكينات التى تعمل الضغوط العالية وفى الحبال من السلك وفى صناديق المحور للسكك	زيوت كثيفة مخلوطة أو شحوم

الحديدية.	
١١- المعدات الدقيقة مثل الساعات، الأجهزة العلمية وماكينات الخياطة.	زيوت مثبتة (زيوت نباتية أو حيوانية) مثل زيت الحوت المنقى، زيت الحوافر، زيت الزيتون، زيت النخيل، زيت بذور البندق، تلك هىالزيوت المستخدمة. كذلك تستخدم الشحومات كمزلقات. مشاكل البلى أثناء البدء أو توقف المعدة فى هذه الحالة يمكن خفضها باختيار مركبات مقاومة للبلى أو بتغطية المعدة باستخدام مواد حماية مثل (Teflon or Molybdenum Disulfide)

طرق التزليق

التزليق المتقطع يستخدم للسرعات البطيئة بينما فى حالات أخرى، يستخدم التزليق المستمر. تستخدم طرق مختلفة للتزليق (لتناسب الأغراض المختلفة) مثل طرق التغذية بالجاذبية، طرق التغذية بالضغط، وطرق التغذية الميكانيكية.

تحلل زيوت التزليق وإعادة تنقيتها:

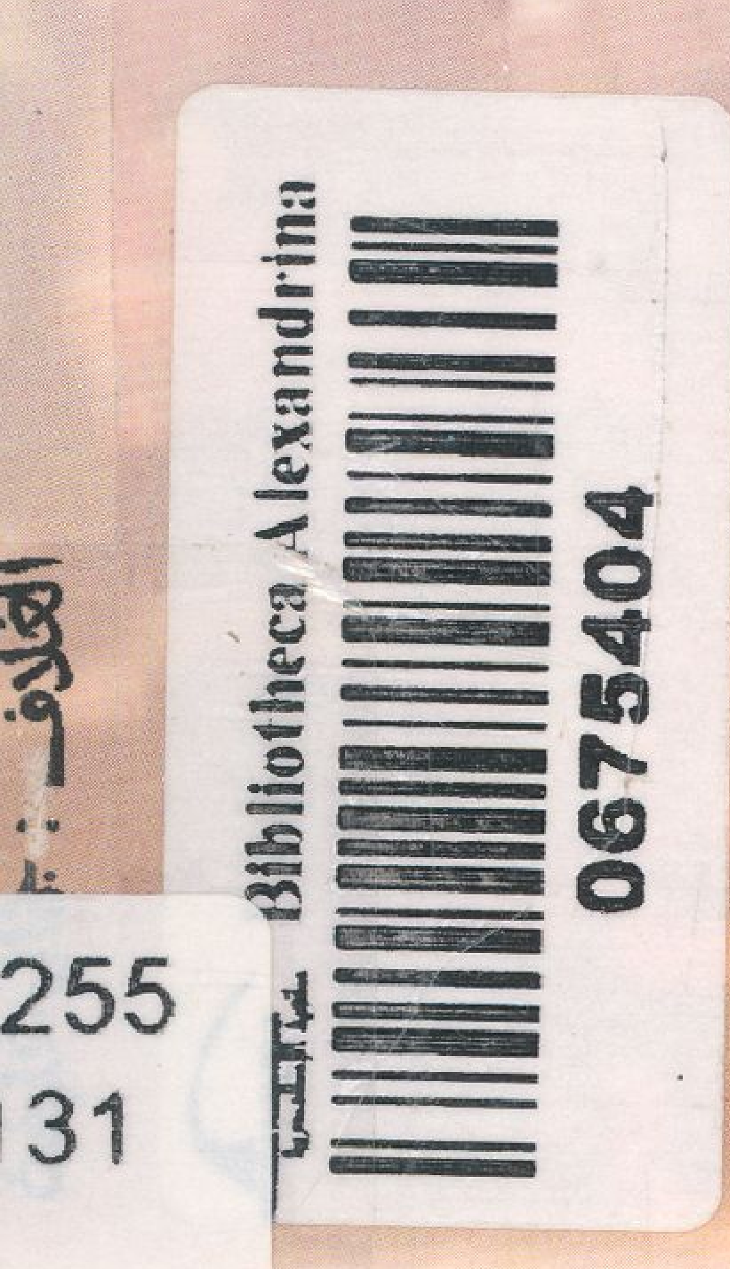
زيوت التزليق تتحلل وتتلف بسبب استنزاف الإضافات أثناء الاستخدام، بسبب الإجهاد الحرارى والتلوث من المصادر الداخلية والخارجية. الملوثات الموجودة هى الرواسب الصلبة (Sludge)، المواد القابلة للتصبين، الألدهايدز، جسيمات الكربون، جسيمات معدنية، رطوبة، ومخففات..الخ. الإجهاد الحرارى يولد نواتج أكسدة وتحلل للمنتجات التى تساعد كذلك على الأكسدة، خاصة عند درجات الحرارة العالية.

زيت التزليق العادم يمكن تنقيته بطرق مختلفة منها (١) طريقة الطفل الحامضى (٢) التنقية بالبروبين (٣) طريقة التقطير/ الطفل (٤) طريقة التقطير/ المعالجة المائية (Distillation /Hydrotreatment)، (٥) الطريقة القلوية. كما توجد المواصفات القياسية لتنقية الزيت المستخدم.

خاتمة :

ليس من الممكن تطوير المعدات الميكانيكية الحديثة فى حالة عدم تزامن تطـوير المزلقات. المزلق لا يتم تطويره منعزلاً، بل يجب أن يكون جزءاً مكملاً لكل التصميم الهندسى الذى يمكن أن يتم بمشاركة جهود المصمم، الميتاليرجى، الكيميـائى لتحقيـق الحلول المناسبة والجيدة والأقل فى التكلفة. يمكن معرفة أن كل قرش يتم إنفاقـه فـى الدراسة والتصميم يمكن أن يكون جنيها فى الصناعة.

فهـــرس




ISBN 977-287-678-7

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع
٥٠ شارع الشيخ ريحان - عابدين - القاهرة
☎ ٧٩٥٤٢٢٩
www.sbhegypt.com
e-mail: sbh@link.net